

UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE MEDICINA

Laboratorio de Antropología



**“ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE MADURACIÓN ÓSEA
COMO INDICADORES DE EDAD EN
ESTUDIOS DE RADIOLOGÍA DIGITAL DE TÓRAX
Y ESTUDIOS DE RADIOLOGÍA PANORÁMICA DENTAL
DIGITAL”**

Tesis Doctoral

Presentada por

Pedro Manuel Garamendi González

Bajo la dirección de los doctores

Miguel Cecilio Botella López

Inmaculada Alemán Aguilera

Granada, 2007.

Agradecimientos:

A Elena Lángara, Arsenio Martínez y a los radiólogos y técnicos de Preteimagen sin cuya desinteresada colaboración no hubiese podido disponer del material radiográfico para realizar esta investigación

A Meji, Mónica, Javi, Ricardo, Ana, Gonzalo, Lamberto, Alicia, Rafa y a todos los que con vuestra amistad me habéis hecho más sencillo y agradable el camino durante estos años

A Benito Morentin, que me inoculó el veneno de la investigación y me estimuló a buscar respuestas

A Irene Landa que indulgente me ha suplido en mis carencias, ha supervisado con paciencia mis errores y me ha acompañado en todos los proyectos locos en los que la he embarcado durante estos años

A Miguel Botella por sus valiosos consejos y por la cordialidad y naturalidad con las que ha sabido dirigir hasta el final este proyecto, las mismas con la que ha sabido hacer del Laboratorio de Antropología Forense de la Universidad de Granada un lugar de reunión y un espacio donde la investigación y el flujo de conocimientos se tornan en un raro pero precioso deleite

A Inmaculada Alemán sin cuya labor como viga maestra dentro del Laboratorio de Antropología Forense de la Universidad de Granada, su simpatía y su apoyo durante todo el periodo de docencia e investigación del curso de doctorado esta tesis nunca hubiese sido posible

A mi ama, Mari Asun, y a mi hermanos, Eva y Yon, por ser siempre y en todos los momentos mi familia. A mi aita, Pedro, que hubiese estado orgulloso de este trabajo

A Patricia e Imanol, que siendo mi norte me orientan hacia el Sur

El Doctor D. Miguel Cecilio Botella López, director del Laboratorio de Antropología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada,

CERTIFICA:

Que D. Pedro Manuel Garamendi González, licenciado en Medicina y Cirugía, ha realizado bajo mi dirección los trabajos de su Tesis Doctoral ***“Análisis de Parámetros de Maduración Ósea como indicadores de edad en estudios de Radiología digital de tórax y estudios de Radiología panorámica dental digital”***.

Ha sido revisada por el que suscribe y estimo que reúne las condiciones necesarias para ser presentada a defensa pública ante Tribunal y obtener el grado de Doctor.

Granada a 31 de Mayo de 2007

La Doctora D^a. Inmaculada Alemán Aguilera, profesora del Laboratorio de Antropología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada,

CERTIFICA:

Que D. Pedro Manuel Garamendi González, licenciado en Medicina y Cirugía, ha realizado bajo mi dirección los trabajos de su Tesis Doctoral ***“Análisis de Parámetros de Maduración Ósea como indicadores de edad en estudios de Radiología digital de tórax y estudios de Radiología panorámica dental digital”***.

Ha sido revisada por el que suscribe y estimo que reúne las condiciones necesarias para ser presentada a defensa pública ante Tribunal y obtener el grado de Doctor.

Granada a 31 de Mayo de 2007

Capítulo 1: Radiología convencional y digital en Antropología Física

1.1. Orígenes de la Radiología y su relación con la Antropología Física.	
Primeros pasos de la Paleorradiología.	3
1.2. Aplicaciones de la Radiología en Antropología Física en el estudio de distintas regiones anatómicas:	
1.2.1. Carpo de la mano y muñeca.....	10
1.2.2. Dentición:	
1.2.2.1. Estudio de la dentición en niños.....	21
1.2.2.2. Estudio de la dentición en adultos.....	28
1.2.3. Otras regiones anatómicas.....	36
1.3. Aplicación de otros métodos de diagnóstico de imagen derivados de la Radiología en Antropología Física: Ultrasonografía, densitometría y Tomografía Axial Computerizada.....	39
1.4. Usos de la Radiología como instrumento de identificación humana en Antropología Física y Medicina Forense.....	41
1.5. Radiología digital.....	54

Capítulo 2: Secuencia general de maduración ósea con la edad en el ser humano

2.1. Cambios morfológicos macroscópicos.....	65
2.2. Cambios histológicos y bioquímicos	
2.2.1. Cambios histológicos del esqueleto.....	72
2.2.2. Cambios en la composición bioquímica del esqueleto.....	76

Capítulo 3: Clavícula

3.1. Recuerdo Anatómico	
3.1.1. Tercio distal.....	83
3.1.2. Dos tercios mediales.....	86
3.1.3. Tercio proximal.....	87
3.1.4. Función de la clavícula.....	88
3.2. Recuerdo embriogénico	89
3.3. Osificación postnatal	95
3.4. Anatomía radiológica	101
3.5. Estudios de población relativos a los parámetros identificables relativos a la maduración de la clavícula con la edad:	
3.5.1. Fusión de la epífisis esternal	109
3.5.2. Medidas osteométricas	144
3.5.3. Análisis de rasgos osteológicos específicos	161
3.5.4. Variaciones en diámetro mediodiafisario e índice clavicular	165
3.5.5. Datos degenerativos articulares	174

Capítulo 4: Costillas y Cartílagos costales

4.1. Recuerdo anatómico	181
4.1.1. Costilla tipo (3ª a 9ª).....	182
4.1.2. Costilla primera.....	185
4.1.3. Costilla segunda.....	185
4.1.4. Costillas 10ª a 12ª.....	186
4.1.5. Cartílagos costales.....	188
4.2. Desarrollo embrionario	189
4.3. Anatomía radiológica	191
4.4. Estudios radiológicos y osteológicos	197

Capítulo 5: Escápula

5.1. Recuerdo anatómico	251
5.2. Proceso de Osificación	254

Capítulo 6: Hueso hioides

6.1. Recuerdo anatómico	263
6.2. Desarrollo embrionario y osificación	265
6.3. Estudios radiológicos y osteológicos	266

Capítulo 7: Estudio sobre una muestra de radiografías digitales. Material y Métodos.

7.1. Material y Métodos	273
7.2. Ortopantomografías dentales	279
7.3. Radiografías digitales de tórax:	
7.3.1. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula	282
7.3.2. Osificación del cartílago costal de la primera costilla	284
7.3.3. Parámetros de degeneración articular en las articulaciones esterno – clavicular y acromio – clavicular	288
7.3.4. Presencia de alteraciones morfológicas en las uniones costo – clavicular y coraco – clavicular	290
7.3.5. Medidas de índices claviculares	293
7.4. Análisis de correlación intraobservador para las pruebas realizadas	296

Capítulo 8: Estudio sobre una muestra de radiografías digitales. Resultados.

8.1. Fusión de las Astas Mayores del Hioides con el Cuerpo del Hioides en Ortopantomografías dentales digitales.....	301
8.2. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula en radiografías de tórax postero-antérieures digitales.....	313
8.3. Osificación del cartílago costal de la primera costilla en radiografías de tórax postero-antérieures digitales	318
8.4. Parámetros de degeneración articular en articulaciones acromio y esternoclaviculares en radiografías de tórax postero-antérieures digitales.....	325
8.5. Presencia de alteraciones morfológicas en las uniones costo-clavicular y coraco-clavicular en radiografías de tórax postero-antérieures digitales.....	341
8.6. Medidas de índices claviculares en radiografías de tórax postero-antérieures digitales.....	345
8.7. Resultados para pruebas de correlación intraobservador en la reevaluación de radiografías.....	382

Capítulo 9: Estudio sobre una muestra de radiografías digitales. Discusión.

9.1. Fusión del asta mayor con el cuerpo del hioides.....	389
9.2. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula	397
9.3. Osificación de la primera costilla.....	405
9.4. Parámetros de degeneración articular en articulaciones acromio y esternoclaviculares.....	409
9.5. Anomalías en uniones costo-clavicular y coraco-clavicular.....	412
9.6. Índices claviculares.....	413

Capítulo 10: Estudio sobre una muestra de radiografías digitales. Conclusiones.

Conclusiones.....425

Bibliografía431

Capítulo 1:

RADIOLOGÍA CONVENCIONAL Y RADIOLOGÍA DIGITAL EN ANTROPOLOGÍA FÍSICA

- 1.1. Orígenes de la Radiología y su relación con la Antropología Física. Primeros pasos de la Paleorradiología.
- 1.2. Aplicaciones de la Radiología en Antropología Física en el estudio de distintas regiones anatómicas:
 - 1.2.1. Carpo y muñeca
 - 1.2.2. Dentición:
 - 1.2.2.1. Estudio de la dentición en niños
 - 1.2.2.2. Estudio de la dentición en adultos
 - 1.2.3. Otras regiones anatómicas
- 1.3. Aplicación de otros métodos de diagnóstico de imagen derivados de la Radiología en Antropología Física: Ultrasonografía, Densitometría y Tomografía Axial Computerizada.
- 1.4. Usos de la Radiología como instrumento de identificación humana en Antropología Física y Medicina Forense.
- 1.5. Radiología digital

1.1. Orígenes de la Radiología y su relación con la Antropología Física. Primeros pasos de la Paleorradiología.

A finales del siglo XIX, el 8 de noviembre de 1895, Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) estaba trabajando en su laboratorio de Wurzburg. En su trabajo experimental estaba concentrado en la luz y otras emisiones que eran generadas por descargas en tubos de vidrio a alto vacío. Estos tubos habían sido desarrollados previamente por William Crookes (1832-1919) y eran muy comunes para la época. Röntgen estaba particularmente interesado en los rayos catódicos y en la determinación del alcance de los mismos fuera del tubo de descarga. Aquel 8 de noviembre Röntgen descubre que cuando el tubo cubierto estaba cargado un objeto muy separado de este último comenzaba a emitir luz. El objeto en cuestión era una pantalla cubierta de un compuesto de bario y ciertamente estaba muy lejos del arreglo experimental con el tubo como para pensar que los rayos catódicos estaban relacionados con el efecto. En los días siguientes realiza toda una serie de cuidadosos experimentos y al hacer diversas manipulaciones llega a observar accidentalmente los huesos de su mano.



Figura 1. Radiografía de la mano izquierda de la Bertha Röntgen, esposa de WC Röntgen, primera radiografía de un ser humano de la historia.

Röntgen había descubierto los rayos-X, pero además comprendió en forma inmediata el valor de su descubrimiento para la medicina. El 28 de diciembre de 1895 produce una primera comunicación que publica bajo el título "Über eine neue Art von Strahlen." Este trabajo es entregado al presidente de la Sociedad Físico-Médica de Wurzburg e incluye la primera radiografía de la que se tiene registro en la historia, donde aparece la mano izquierda de su esposa (Figura 1). En las semanas siguientes y como consecuencia de esto se difunde rápidamente la información sobre el poder de penetración de los rayos-X y su potencial uso en el diagnóstico médico sin reparar inmediatamente en sus posibles efectos adversos. Röntgen declina cualquier derecho sobre la consecución de cualquier patente relacionada con su descubrimiento.

Los titulares de los periódicos en Estados Unidos a mediados del mes de enero de 1896 anunciaban que existía un tipo de rayo que podía ver bajo la piel y que revelaba la estructura interna de los sólidos. Thomas Edison (1847-1931), entre muchos otros, estaba ansioso de "perfeccionar" el descubrimiento de Röntgen y sus esfuerzos por obtener una radiografía del cerebro mantuvo a los representantes de los medios de comunicación aguardando por semanas fuera de su laboratorio. Este esfuerzo produjo un aparato para hacer fluoroscopia portátil. Edison no estaba solo y pronto hubo una gran oferta de aparatos de rayos-X a precios tan bajos que prácticamente cualquiera podía producir una radiografía. A mediados de febrero de 1896 ya había pacientes que le pedían a los médicos tratantes el uso de radiografía en casos de fracturas de hueso. Se puede decir que nunca antes una tecnología médica había sido aceptada tan rápidamente.

La primera referencia de daños a diferentes tejidos humanos y en particular a la vista por rayos-X tiene lugar en 1896 con el trabajo del ingeniero eléctrico e inventor inglés Elihu Thomson (1853-1937). Thomson inventó motores de corriente alterna, generadores, transformadores de alta frecuencia, soldador eléctrico y otros desarrollos en el campo por lo que se le puede considerar el padre de la industria eléctrica de los Estados Unidos a donde emigró durante su niñez. También Thomson hizo contribuciones muy importantes en el mejoramiento de los tubos de rayos-X y fue pionero en lograr imágenes de rayos-X estereoscópicas. Su contribución más recordada en este campo está relacionada al experimento sobre el daño producido por radiación. En él, Thomson expone uno de sus dedos a los rayos-X y elabora una descripción científica detallada de la evolución de una quemadura producida por esa forma de radiación.

A partir de entonces se producen importantes descubrimientos con frecuencia casi anual. En 1896, se trata por primera vez un paciente con cáncer empleando rayos-X y en el mismo año descubre la radioactividad el físico francés Antoine Henri Becquerel (1852-1908). Investigando sobre la fluorescencia, Becquerel descubrió accidentalmente una nueva propiedad de la materia que posteriormente se denominó radiactividad. Al colocar sales de uranio sobre una placa fotográfica en una zona oscura, comprobó que dicha placa se ennegrecía. Las sales de uranio emitían una radiación capaz de atravesar papeles negros y otras sustancias opacas a la luz ordinaria. Estos rayos se denominaron en un principio rayos B en honor de su descubridor

Con la llegada del siglo XX se le otorga el primer Premio Nobel en Física a Wilhelm Conrad Röntgen por su descubrimiento de los rayos-X. La relación entre la radiación proveniente de materiales radioactivos y los rayos-X no fue establecida inmediatamente. En 1901 Becquerel se quema accidentalmente al colocar material que contenía el elemento radio que había sido descubierto por los Curie en el bolsillo de su chaleco y lo refiere en un reporte que publica ese mismo año. Al saber esto, Pierre Curie se produce una quemadura similar en forma deliberada. Pocos meses después se descubre que el elemento radio podía ser útil en medicina e

inmediatamente se funda el Hospital del Radio en París. En junio de 1901 Marie Curie y Henri Becquerel publican un trabajo bajo el título "Les Effets Physiologiques des Rayons du Radium", donde se describen los efectos sobre tejido vivo de la radiación producida espontáneamente por el elemento radio y en noviembre de ese mismo año Henri Danlos, médico dermatólogo del Hospital de San Luis de París publica los primeros resultados del tratamiento de lupus con radiaciones de radio.

En 1902 Guido Holzkecht presenta su cromoradiómetro, que resulta ser un dispositivo construido para medir la cantidad de radiación administrada. En 1903 se le otorga el Premio Nobel en Física a Antoine Henri Becquerel por el descubrimiento de la radioactividad y es compartido con Marie y Pierre Curie por su trabajo realizado también en el tema de radioactividad.

Durante el desarrollo de la lámpara fluorescente de rayos-X, Edison nota que uno de sus asistentes, Clarence Dally, se ve afectado severamente por los nuevos rayos al punto de perder el cabello y aparecer en su lugar una inflamación acompañada de ulceraciones. Para 1904 Dally tenía úlceras sobre todas sus extremidades y casi inmediatamente después estas lesiones pasaron a ser cancerosas, provocando su muerte temprana. Desde ese momento y en las décadas siguientes se observa que muchos investigadores y médicos en este campo llegan a desarrollar quemaduras por radiación y cáncer. Entonces muere más de un centenar de personas como resultado de su exposición a rayos-X. Toda esta triste experiencia inicial llevó a formar conciencia sobre el riesgo asociado al manejo de las radiaciones al que están expuestos los profesionales que desempeñan esta disciplina y estimuló el desarrollo de lo que hoy conocemos como radiobiología y protección radiológica.

En la década de los años veinte, algunos físicos figuran significativamente en trabajos relacionados con la solución de problemas de aplicación médica con radiaciones ionizantes. Estos problemas tenían que ver esencialmente con radioterapia, protección radiológica, imageneología y radiobiología. En 1922 Marie Curie llega a ser miembro de Academia de Medicina por sus estudios de química y aplicaciones a la medicina de sustancias radioactivas. En ese mismo año Arthur Holly Compton descubre el cambio en la longitud de onda de los rayos-X dispersados y que se conoce como efecto Compton. En 1925 H. Fricke y Otto Glasser descubren la cámara de ionización. También en 1925 se hacen evidentes los riesgos en el uso del radio cuando un considerable número de mujeres en la industria de pinturas, que se habían expuesto a pintura luminiscente que contenía radio, llegaron a enfermarse con anemia y lesiones en la mandíbula y la boca. Algunas de estas personas llegaron a desarrollar después cáncer en los huesos. En ese mismo momento, los mismos síntomas se observan en pacientes que recibieron compuestos de radio internamente para el tratamiento de artritis y otras enfermedades y como consecuencia en la década siguiente se suspende completamente esta forma de terapia. En 1928 la Comisión de Medidas y Unidades propone el röntgen como

medida internacional de dosis. Geiger y Müller desarrollan un tubo mejorado en el contador Geiger, basándose en lo desarrollado por Geiger y Rutherford en el 1906. Glasser, Portmann y Seitz construyen un dosímetro para medir rayos-X y radiación proveniente de sustancias radioactivas.

Ernest Lawrence, su hermano John y Paul Aebersold realizaron experimentos exponiendo ratas al haz de neutrones generado y encontraron que la radiación de neutrones rápidos era dos veces y media más efectiva que los rayos-X en cuanto a su capacidad para producir muerte. Esto indicaba que había una imperiosa necesidad de proteger a los investigadores relacionados con el trabajo a desarrollar en torno al ciclotrón y como consecuencia se comenzó con cálculos de blindaje para las instalaciones próximas a la máquina. Cuando Enrico Fermi construye la primera pila atómica en Chicago en 1942, ya se disponía de mucha información sobre el efecto biológico de la radiación neutrónica. Todo esto llevó inmediatamente a un acelerado desarrollo de la protección radiológica que continuó con la misma intensidad en las cuatro décadas siguientes con la aparición de la guerra fría, la construcción de plantas nucleares y el desarrollo de los programas de investigación espacial y los de física nuclear y de altas energías.

En 1939 se comienza con el tratamiento de pacientes con cáncer con haces de neutrones producidos por colisión con un blanco de protones provenientes de un ciclotrón. En ese mismo año Ernest Lawrence recibe el Premio Nobel de Física por la invención y desarrollo del ciclotrón, además de todos los resultados obtenidos hasta la fecha con ese acelerador tanto en física básica como en medicina.

En forma creciente, los físicos son empleados en hospitales y clínicas como físicos de radiaciones. Estos físicos hacen contribuciones importantes al mejoramiento de los equipos y técnicas radiográficas, dosimetría y seguridad radiológica. Con la introducción de las unidades de teleterapia en 1951 por ^{60}Co , aceleradores lineales de electrones para uso terapéutico en 1952 en el hospital Hammersmith de Londres, nuevas técnicas nucleares, computadores para la planificación de tratamientos en 1960 y posteriormente del tratamiento digital de imágenes, el número de físicos médicos clínicos creció aún más rápidamente durante las décadas de los años cincuenta, sesenta y setenta. En ese período resalta la invención en 1972 del tomógrafo computarizado (TC) y la contribución de Damadian (médico y físico), Mansfield y Lauterbur en el desarrollo de la resonancia magnética por imágenes en 1973. En 1979 el físico Allan Cormack de Estados Unidos y el ingeniero Godfrey Hounsfield del Reino Unido reciben el premio Nobel en Medicina por la invención de la tomografía computarizada (TC) (Martín R).

Fue en EE.UU. donde se realizaron muchos de los primeros usos conocidos en medicina del descubrimiento de Röntgen apenas unos meses después de que este lo hiciese público. El primer estudio publicado lo realizó Frost EB en 1896 en la revista Science (Frost. 1896). Al

parecer, el hermano de éste, Frost GD, llevó el día 3 de febrero de 1896 a un paciente para que el Frost EB le realizase un estudio con el aparato generador de rayos X que había adaptado. Se trataba de un niño de 14 años quien se había producido una fractura de muñeca izquierda patinando. En la prueba se pudo comprobar la existencia de una fractura de cúbito.

Frost EB indica que el sistema de diagnóstico había empezado también precozmente a ser utilizado en el contexto legal. En agosto de 1896, este autor lo utilizó en un proceso legal en el que se discutía sobre la existencia de una lesión en una extremidad (Spiegel. 1995). Rápidamente, este uso se generalizó en otras cortes de justicia en Europa y EE.UU (Brogdon BG. 1998). En 1903, el Hannover Hospital estableció uno de los primeros aparatos de rayos X destinado al uso diagnóstico en una institución médica.

El uso del descubrimiento de Röntgen en Antropología Física es también precoz. Ya en 1886 Angerer en Munich propuso la aplicación de la radiología para su uso en la región del carpo y utilizar los resultados como indicador de edad ósea (Brogdon BG. 1998). Durante los primeros 40 años de vida de este método, se generalizaron los estudios sobre sujetos vivos destinados a valorar y confirmar los estándares de maduración de distintas regiones de la anatomía humana en sujetos vivos y se publicaron estudios sobre series amplias de población analizando parámetros ya estudiados en osteología anteriormente, pero desde la perspectiva específica que aportaba el nuevo método radiológico (Stevenson PH. 1924; Flecker H. 1933; Galstaun. 1930, 1937; Sidhom y Derry. 1931; Prior. 1908,1916,1923, 1925, 1933; Borovansky y Hněvkovský. 1929; Davies y Parsons. 1927; Paterson. 1929; Meenes y Holly. 1932; Adair y Scammon. 1921).

Resulta especialmente interesante observar cómo también desde un principio el método de Röntgen fue utilizado en el estudio de restos biológicos antiguos, dando lugar al desarrollo de un auténtica especialidad dentro del campo de la radiología: la paleoradiología (Böni et al. 2004).

En Marzo de 1896, Water Koenig en Alemania publicó un estudio sobre 14 radiografías tomadas de las rodillas de una momia de un niño egipcio y de un gato egipcio (Koenig. 1896).

En el mismo año de 1896 y en 1897, en el Reino Unido, Alexander Dedekin, Joseph Eder y Eduard Valenta publicaron sendos estudios proponiendo el uso de los rayos X para el estudio de las momias egipcias (Eder y Valenta. 1896; Dedekin. 1896, 1897).

En 1897, Albert Londe publica en Francia un estudio sobre radiografías realizadas en el brazo de una momia (Londe. 1897). En su estudio, Londe destaca el hecho de que en las radiografías obtenidas se aprecian datos que permiten estimar el estadio de maduración osteológica del sujeto y, por ello, propone ya explícitamente que los rayos X pueden ser un instrumento útil en

Antropología Física y en Medicina Forense para realizar diagnósticos de edad de los sujetos sin alterar ninguna “pieza de convicción”.



Figura 2. Primera radiografía realizada a una momia egipcia del museo Senckenberg de Frankfurt (Alemania), publicada por Koenig W en 1896.

En 1898, en EE.UU., Culin y Leonard realizan un estudio radiográfico sobre una momia mochica y apuntan la utilidad del método en los museos de antropología para poder estudiar sin dañar los restos conservados en ellos (Culin. 1898).

En 1904, Werner en Hamburgo (Alemania) incide nuevamente en la utilidad del método para establecer la edad de los sujetos de estudio sin alterar los especímenes, señalando su alta precisión.

En 1905, Ernst Albers-Schoenberg, que pasaría a la historia como el descubridor de la enfermedad de los huesos de mármol, presentó un estudio sobre la aplicación del método

radiográfico en momias egipcias con el fin de confirmar, sin manipular los restos, si en ellas se hallaban o no restos óseos humanos (Albers-Schoenberg. 1905).



Figura 3. Radiografía de la momia de un gato egipcio, publicada por Koenig W en 1896



Figura 4. Radiografía de la mano de una momia egipcia realizada por Londen A en 1897

1.2. Aplicaciones de la Radiología en Antropología Física en el estudio de distintas regiones anatómicas:

El campo específico del diagnóstico de la edad en Antropología Física mediante radiografía en un principio se orientó hacia el estudio general de toda la anatomía corporal. Tras los primeros estudios pioneros, las series de estudio se definieron de forma más específica en el uso de las radiografías del carpo de la mano para no tanto el diagnóstico específico de la edad, sino dentro del campo de la Pediatría para intentar definir si el grado de maduración de los sujetos de estudio desde el punto de vista osteológico corría o no paralelo con la forma en la que el resto de la población lo hacía.

Otro campo principal de estudio dentro de la Antropología Física en relación con el diagnóstico de edad lo constituyó el estudio de la dentición mediante técnicas de radiografía tanto de piezas aisladas (placas periapicales) como en placas generales (ortopantomografías).

El resto de la anatomía ósea ha sido también objeto de este tipo de estudio, aunque el número de series que lo han analizado ha sido más escaso. Destacan entre estas series las centradas en el estudio del esqueleto del pie de los niños, rodilla, fémur, pelvis y columna cervical.

1.2.1 Carpo y muñeca:

El carpo y la muñeca han sido objeto de estudio mediante métodos radiográficos en múltiples series publicadas desde los primeros momentos de desarrollo de la radiología como instrumento de la Antropología Física. De hecho, ya en 1896 Angerer propuso en Munich el uso de la radiografía del carpo como medio para la estimación de la edad ósea (Brogdon BG. 1998).

Entre estas series primitivas que analizaron la maduración epifisaria del carpo como objeto principal de estudio o en el contexto de una serie general de huesos largos, se encuentran las de Stevenson (1924) (Stevenson. 1924), Galstaun G (1930) (estudio radiográfico de la extremidad superior sobre 100 niñas de origen hindú y anglo-hindú de 13 a 19 años de edad), Sidhom G y Derry DE (1931) (estudio sobre la extremidad superior en 400 niños egipcios de 14 a 20 años), Pryor JW (1908,1916,1923,1925,1933) (estudio del carpo de 554 niños australianos de 3 meses a 14 años y 140 fetos de 10,5 a 38 semanas (71 hombres y 69 mujeres); es este uno de los primeros trabajos en apuntar que la osificación en mujeres se adelanta a la de los hombres incluso durante el periodo fetal), Borovansky L y Hnevkovsky O (1929) (estudio de extremidades superiores e inferiores en 352 niños checos menores de 19 años; da una secuencia de osificación, aunque no da datos estadísticos contrastables, como número de casos por cada edad), Davies DA y Parsons FG (1927) (analizan población caucásica de

Inglaterra, dando una secuencia de la osificación, pero no dan datos estadísticos útiles), Paterson RS (1985) (estudio de 1000 radiografías de huesos largos en Inglaterra; no da datos estadísticos útiles), Meenes TO y Holly LE (1932) (estudio sobre húmero, mano, fémur y pie 500 RX de recién nacidos de menos de 48 horas, 263 varones y 237 mujeres), Adair FL y Scammon RE (1921) (estudio de fémur, pie y mano en 100 radiografías de recién nacidos de menos de 48 horas, 45 mujeres y 55 varones), Francis CC y Werle PB (1939) (estudio sobre 622 niños de clase media americana (307 varones, 315 mujeres) de menos de 5 años; se les realizaron radiografías a los 3, 6, 9 y 12 meses y, luego, cada 6 meses hasta los 5 años).

No obstante, es necesario esperar a los proyectos de grandes series longitudinales de población que se desarrollaron a principios del siglo XX bajo los auspicios de fundaciones privadas, tanto en Europa como en USA, para que el estudio del carpo acabe adoptando un papel preferente entre las regiones anatómicas estudiadas para el diagnóstico de la edad, especialmente durante la adolescencia (Bañón R. 2004). Fundaciones como la Fundación Rockefeller o el Laura Spellman Rockefeller Memorial Fund, así como algunos fondos públicos, fueron los principales impulsores de estos estudios longitudinales de tipo antropométrico en los que se estudiaron a grandes series de población de forma repetida a lo largo de varios años. El interés público y científico de estas actividades se traduce en la creación de un comité sobre el desarrollo del niño en el seno del USNRC (United States National Research Council), y en la publicación de revistas especializadas sobre el tema: "Child development" y sobre todo "Growth", en 1929 y 1937 respectivamente. En USA las principales series desarrolladas fueron:

- Estudio FELS, que comienza en 1929 en Yellow Springs (Ohio), bajo la dirección de Sontag, quien condujo la recogida de datos desde su comienzo hasta 1970, en que se hace cargo de la dirección Roche, quien continúa hoy en día (es el único estudio longitudinal que continúa en la actualidad).
- El estudio longitudinal del bienestar del niño de la Universidad de Iowa.
- El estudio longitudinal "Child Research Council Study" de la Universidad de Colorado.
- El estudio de la Fundación Brush de la Western Reserve University de Cleveland (Ohio).
- Los estudios de la Universidad Berkeley (California).

Estos estudios no sólo incluyeron análisis de datos antropométricos y radiológicos, sino también valoraciones médicas y psicológicas extensas, lo que les confirió un especial valor técnico.

En general, todos estos métodos han servido para desarrollar métodos estadísticos de análisis de los datos longitudinales, como los trabajos de Shuttleword a partir del Harvard Growth Study, y que siguen siendo utilizados hoy en día.

Otro ejemplo de la utilización de los resultados de los estudios es el trabajo de Nancy Bailey, directora del primer estudio longitudinal puesto en marcha en la Universidad de Berkeley en California, en 1928. Bailey tenía formación como psicóloga, y aunque había realizado estudios de antropometría, el mayor fruto de sus investigaciones es la publicación de las escalas infantiles de desarrollo motor y mental que llevan su nombre. Las medidas antropométricas fueron publicadas en unión de S.R. Pineau en 1952 en las tablas que aún hoy en día son de uso habitual por médicos e investigadores, sobre todo para las primeras edades de la vida, que ellos mostraron que correlacionan menos con la estatura final del individuo que las tallas de los niños mayores.

Un caso aparte entre estas series, y que merece una atención especial es el estudio de la Western Reserve University (Cleveland. Ohio), financiado con fondos del Laura Spellman Rockefeller Memorial Fund, a partir del cual dos investigadores, Katherine Simmonds y T. Wingate Todd elaboraron una tabla de estándares para las edades comprendidas entre los 3 meses y los 13 años, basadas en parámetros de altura y peso. Por otra parte analizaron la correlación de estos parámetros con la maduración sexual. Simmonds y Todd llegan a la conclusión de que el peso es un mal indicador de la maduración debido a la influencia que el agua y la grasa tienen en él.

Todd, por su parte recopiló las radiografías de la mano que se han realizado a los individuos de su serie y en unión de comparaciones con una serie de esqueletos que analizó, publicó su Atlas of Skeletal Maturation (1937) (Todd. 1937), basada en la selección de una radiografía de la mano representativa para cada edad y sexo. Dicha radiografía debe cumplir dos premisas:

- La radiografía en cuestión debe tener igual grado de desarrollo para los 28 huesos y núcleos de osificación que son objeto de estudio.
- La radiografía seleccionada debe corresponder a un individuo con un grado de desarrollo corporal situado en la media de los que corresponde a su edad y sexo.

Las radiografías seleccionadas con este proceso, una para cada edad en cada sexo, se convierten así en el estándar ante el que hay que comparar las radiografías problema que deben ser estudiadas.

El Atlas de Todd fue usado como referencia hasta que en el año 1950 fue revisado por WW Greulich y SI Pyle dando lugar al famoso Atlas que se sigue usando de forma habitual hoy en día: Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist, publicado en dos ediciones en 1951 y en 1959 (Greulich y Pyle. 1951, 1959). La serie de Greulich y Pyle se basó en una muestra total de 6.879 niños sanos de origen norteamericano y de clase media – alta. El método, de forma esencial, valora la edad del sujeto mediante la obtención de un valor “promedio” de edad ósea por similitud de la radiografía problema con las radiografías estándar

recogidas en el atlas y, desde ellas, se hacen estimaciones de normalidad basadas en horquillas de resultados mediante valores de desviación estándar.

Paralelamente, en la década de los años 20 comienza en Europa, y más concretamente en Aberdeen (Escocia), un programa de mediciones sobre 900 recién nacidos llevado a cabo por Alexander Low. De los recién nacidos seleccionó 65 niños y 59 niñas, a las que continuó sus mediciones anuales hasta la edad de 5 años. Sus datos quedaron sin utilizar hasta que en 1956 Tanner, junto a sus colaboradores, realizó un estudio de mediciones seriadas en las que incluyó 42 hombres y 38 mujeres que habían sido localizados como participantes en el trabajo previo de Low, del estudio Aberdeen original. De esta forma fue posible establecer las correlaciones adecuadas entre las medidas al nacimiento y los 5 primeros años, y las que presentaron posteriormente en la edad adulta.

Durante la Segunda Guerra Mundial comienza el Oxford Child Health Survey, llevado a cabo por Ryle entre 470 niños. Entre las mediciones realizadas se incluía la toma de una radiografía del carpo, que fue analizada por Roy Acheson. Este autor intentaba mejorar el rendimiento de los atlas del sistema Todd mediante un aumento en las precisiones del análisis, para lo cual propuso:

- Que cada hueso o núcleo de osificación se estudiara por separado.
- Que cada hueso o núcleo de osificación tuviera asignado previamente un estadio discontinuo de maduración, al que se le asignaba una puntuación progresiva (1,2,3...)
- Que se obtuviera una puntuación final de madurez global a partir de la suma de las puntuaciones parciales de cada hueso por separado.

De esta forma se obtiene del estado de maduración esquelética un valor continuo que puede ser utilizado en los cálculos de crecimiento como la talla o el peso.

El procedimiento de Acheson fue posteriormente refinado por Tanner y cols. en la forma de las tablas TW que se usan hoy en día. El estudio Oxford no fue el único llevado a cabo en Inglaterra después de la segunda guerra mundial, pues entre 1949 y 1971 se llevó a cabo el estudio British Harpenden.

En el continente, la presencia del consejo del ICC (International Children's Center) en París supuso la puesta en marcha de diversos proyectos bajo su dirección, generalmente en Europa (París, Zurich, Estocolmo, Londres, Bruselas e incluso Louisville, en EEUU, mediante un estudio en gemelos). El ICC ha pasado por una crisis económica que le ha obligado a cerrar sus instalaciones en París y reabrir las recientemente (1999) en Turquía, en instalaciones cedidas por la Universidad de Ankara. Tanner, que fue miembro del consejo del ICC ha confesado que el objetivo de los estudios de esta organización se diferenciaba de los similares

realizados en América en la filosofía que los animaba. Mientras que los americanos abordaban un concepto del “niño total”, como preconizaba Sontag, los estudios del ICC centraban sus evaluaciones en aspectos concretos a la búsqueda de variaciones que pudieran considerarse patológicas. De esta forma, mediante la investigación de las circunstancias que han conducido a que “algo vaya mal” se pretende identificar los factores significativos que tienen influencia en la marcha del crecimiento y maduración.

Tanner, junto a sus colaboradores, entre los que destaca Reginald Whitehouse, es una referencia obligada de cualquier publicación en el estudio de las anomalías del crecimiento y maduración y sus tablas, las famosas TW2 y derivadas, son de muy amplia difusión y utilización en el estudio del cálculo de la maduración esquelética (Tanner et al. 1983).

Cuando elaboraron su método, Tanner y Whitehouse conocían el método de Greulich y Pyle y la forma de utilizarlo. De hecho Acheson anteriormente ya había propuesto una aproximación a la cuantificación de la apariencia radiológica de las diversas articulaciones estudiadas, persiguiendo una estimación más discontinua que la que proporcionaba el Atlas G-P. El planteamiento incluía una revisión de los aspectos que consideraban que deberían de ser mejorados, y en particular la carga de subjetividad que el método conllevaba, y que era uno de los puntos débiles del sistema.

Tanner y Whitehouse juzgaron que era necesario un sistema nuevo y más sofisticado que el Greulich y Pyle en el que los resultados no fueran asociados a una escala de edad para las medidas de desarrollo. En su opinión, era conveniente diseñar una escala de maduración que no se relacionara directamente con la edad, lo que les condujo a proponer un sistema de estándares de madurez aplicables a cualquier población dada mediante el estudio de la relación entre madurez y edad. Para ello dividieron el desarrollo de los huesos de la mano y del carpo en estadios discretos a los que se asignaba una letra sucesiva (B, C, D,...), a la que posteriormente se le aplicaba un valor numérico. El estudio de una mano ofrece así una puntuación total que puede ser procesada para proporcionar un grado de madurez general.

Para desarrollar este método examinaron series de radiografías de niños normales del estudio Oxford tomadas cada 6 meses durante un período superior a 12 años. Tras estudiar los cambios sucesivos que tienen lugar en la forma y en la densidad de los márgenes de cada hueso y centro de osificación durante todo el desarrollo hasta la edad adulta, identificaron los estadios que estaban presentes en todos los individuos. Los hallazgos que aparecían en los huesos de sujetos particulares pero no en el resto de la muestra, fueron excluidos. Además, el tamaño absoluto de los elementos fue también ignorado. El número de estadios diferentes que fueron escogidos de cada hueso o centro fue el suficiente como para que los grados de madurez no se prestaran a confusión, y lo bastante grande como para evitar una pérdida de

información. El método de estudio consiste en asignar cada hueso o centro de osificación de la mano a un diferente estadio.

Muchos de los huesos ofrecen aproximadamente la misma información sobre maduración. Esto es especialmente válido para las estimaciones de los dedos. No se recomienda hacer una media de todas las puntuaciones obtenidas de la mano, ya que esto otorgaría a los 19 huesos de los dedos juntos una mayor importancia que a los carpianos y al cúbito y radio. Para corregir esto, el sistema incorpora una corrección numérica en las asignaciones de cada puntuación.

Por otra parte, las puntuaciones de niños y niñas son diferentes para asumir las diferencias que se presentan en el diferente ritmo de maduración de los sexos.

Cuando se estudia la edad en niños mayores, y esto es particularmente frecuente en los casos forenses, los huesos del carpo no proporcionan ninguna información útil acerca de la maduración esquelética o la edad ósea. Para permitir la exclusión de los huesos del carpo o su examen detenido, se han propuesto 3 sistemas de puntuación diferentes: TW2-20 huesos, TW2-carpo y TW2-RUS (de Radio, Ulna and Several metacarpal and phalanges), de las que esta última es la más utilizada, y valora de forma separada el radio, cúbito y diversas articulaciones metacarpo e interfalángicas, en concreto la articulación proximal del primer metacarpiano, distal del tercero y quinto, proximal de la primera, tercera y quinta falanges proximales, y primera, tercera y quinta falanges distales.

Una vez seleccionado el método que se va a utilizar, los huesos en particular se comparan con series de referencia que aparecen en el atlas TW2. Estas imágenes de referencia representan cada una un estadio de maduración y contienen un texto con descripciones morfológicas, en las que se incluyen tanto las variaciones importantes como los requerimientos que una morfología determinada debe cumplir para ser estimada. La imagen de referencia que más se parece a la de la radiografía problema es entonces elegida, y se le asigna la puntuación correspondiente. Una vez que han sido analizados todos los huesos y recogidas todas las puntuaciones asignadas, la suma total de las mismas proporciona una cifra que es trasladada a las tablas de conversión, de las que se obtienen la edad esquelética correspondiente.

Fuera de Europa, ICC ha dirigido estudios en África, particularmente en Dakar y Kampala, publicados en 1960. Estos estudios, de un altísimo valor antropológico y social, han mostrado resultados sorprendentes, según los cuales la población de estas zonas tiene un adelanto en la maduración esquelética sobre los estándares europeos aunque la estatura y el peso final quedan por debajo de éstos. De nuevo queda planteada la dicotomía entre genetistas y ambientalistas, que alegan las condiciones ambientales, y sobre todo la omnipresente pobreza, como la causa de las anomalías poblacionales del crecimiento. Desgraciadamente, la retirada

de las potencias coloniales ha conllevado una pérdida de interés y de medios materiales que permitan continuar estos estudios, que no se han podido reproducir en tiempos recientes.

En América Central, particularmente en Guatemala, la llegada de Robert Mc Vean tras la 2ª Guerra Mundial propició la creación de la Escuela Americana de Guatemala y su uso como laboratorio de antropometría. Entre 1953 y 1963 se recogen en este centro mediciones de todos sus alumnos, con evaluaciones anuales que incluyen rayos X de la muñeca, así como tests psicométricos. Los alumnos de este centro estaban fuertemente seleccionados socialmente, y a partir de 1963 se recogen datos de otras escuelas, con mayor mezcla racial y diversidad de clases sociales. El estudio de Guatemala, conocido como el estudio "4 ciudades", no puede considerarse propiamente un estudio longitudinal, pues efectúa mediciones de los alumnos que hay cada año en todos los niveles, y cada año se producen incorporaciones y bajas entre el alumnado. Por lo tanto, se trata de un estudio mixto-longitudinal que tienen la ventaja de que desde el principio permite obtener un corte seriado de cada nivel, y comprobar si los niveles que se van obteniendo progresivamente pueden entenderse dentro de las medias esperadas.

Podría parecer en principio que un método numérico como el Tanner – Whitehouse debería ser más fiable (Sarría et al 1986; Gilli. 1996). Además, pese a que TW es un método más sofisticado en su aplicación técnica, puede ser aprendido sin instrucción específica (Beunen y Cameron. 1980). Sin embargo, en la práctica se halla sometido a errores intra e interobservadores similares a los del GP y se halla influido negativamente por fallos técnicos derivados de una posición incorrecta de la mano en el momento de realizar la radiografía (Cox. 1996), que pueden ser solventados de forma más correcta por los métodos gráficos. Autores como King DG et al (King et al. 1994) recomiendan la aplicación de GP en lugar de TW2 con fines clínicos basándose en un criterio de economía de medios al haber comprobado que TW2 es mucho más costoso en tiempo y que sus resultados son similares a GP.

Los intentos de desarrollar aplicaciones informáticas sobre el sistema numérico TW2 (sistema CASAS) ofrecían en sus inicios promesas de ventajas evidentes. Teóricamente, permitirían cuantificar los resultados de forma uniforme y sin interferencia de los factores de distorsión derivados del observador (Tanner et al. 1994). Sin embargo, sus resultados todavía no son equiparables con los del método manual y aún es necesaria la colaboración entre radiólogos e informáticos para mejorar los sistemas de hardware y software (Suanes y Cañete. 1999).

En realidad, cada método tiene sus ventajas y desventajas y debe ser el médico el que decida por su experiencia personal qué método es el más útil para los fines concretos de la interpretación buscada (Oestreich. 1997).

La interpretación de los resultados obtenidos de la edad ósea por cualquiera de los métodos disponibles debe ser adaptada a las características de la población del sujeto de estudio. Los factores que podrían modificar la evolución de la edad ósea en un sujeto determinado no están perfectamente definidos, aunque se han identificado diferencias en diversos estudios asociadas con factores patológicos, raciales y socioeconómicos. La impresión general de las investigaciones más recientes es la de que serían los factores socioeconómicos, que influyen en la forma de nutrición y condiciones higiénico-sanitarias del sujeto, los más significativos en cuanto a su capacidad de modificar los resultados (Schmeling et al. 2000, 2001). Los factores raciales son discutidos por diversos autores en distintos estudios y, aunque parece ser que no serían por sí mismos capaces de justificar diferencias significativas en la edad ósea, no existen datos indubitables que permitan de forma absoluta afirmar o descartar la influencia específica de este factor (Oestreich. 1997; Clarot et al 2004; Schmeling et al. 2005).

Por el contrario, resulta definitivo en los estudios realizados el hecho de que ciertas condiciones patológicas pueden afectar a los resultados de la edad ósea, si bien la lista de las mismas no puede considerarse ni mucho menos completa. En el contexto de la influencia étnica y racial, existen múltiples estudios, algunos de ellos con bases metodológicas discutibles y con resultados a menudo contradictorios, que principalmente se han realizado en poblaciones de europeos caucásicos, caucásicos norteamericanos, otros grupos étnicos norteamericanos (incluido el genéticamente dudoso grupo racial de los hispanos), distintas poblaciones mongoloides y caucásicas de Asia y algunos estudios incompletos en poblaciones negroides centro y sudafricanas.

Los estudios en Europa más recientes parecen indicar que los caucasoides europeos se acercan a los ritmos de maduración marcados por el sistema GP y el TW2 o se hallan ligeramente retrasados o adelantados frente a éstos (Italia (Benso et al. 1997; Vignolo et al. 1990), Bélgica (Beunen et al. 1990; Malina et al. 1986), Holanda (Van Rijn et al 2001), Finlandia (Koski et al. 1961), Dinamarca (Anderson. 1971; Wenzel y Melsen. 1982), Suecia (Taranger et al. 1987), España (Hernández et al. 1991), Austria (Wenzel et al. 1984)).

En algunos casos, las diferencias con los métodos originales han sido pequeñas pero estadísticamente tan significativas que se ha propuesto la necesidad de elaborar tablas y atlas específicos para estas poblaciones. Entre ellos, el estudio español de Hernández et al condujo a la elaboración de tablas, series radiográficas y manuales específicos para la población de la Comunidad Autónoma del País Vasco basados en los métodos originales tanto de GP como de TW2-RUS (Hernández et al. 1991).

Los estudios clásicos de las décadas de los setenta y ochenta en población mongoloide de Asia indicaban que los chinos y japoneses presentaban un retraso en su edad ósea frente a la cronológica en la fase prepuberal, pero en la fase postpuberal existía una aceleración hasta

culminar la maduración a una edad similar a los europeos y americanos caucasoides. En las series más actuales sobre poblaciones modernas con mejores condiciones socioeconómicas, se aprecia una tendencia a ajustar aún más los resultados con los ritmos de maduración de la edad ósea de las poblaciones occidentales (Ashizawa et al. 1996; Kimura. 1976a, 1976b, 1977, 1997; Low. 1964; Muramata. 1997; Takai et al. 1984; Yi-Yan et al. 1992)

En India y Pakistán, los hallazgos han sido similares, apreciándose adelantos en la edad ósea frente a la cronológica durante la fase postpuberal, más evidentes en sujetos de clase social alta (Rikhasor et al. 1999; Banejee y Agarwal. 1998; Prakash y Cameron. 1981; Prakash y Pathmanathan. 1991).

En USA los estudios indican que los sujetos caucasoides se ajustan bien a los estándar de GP y TW2 o suelen presentar un cierto adelanto madurativo (Tanner et al. 1997). Por el contrario, los resultados en sujetos negroides arrojan resultados contradictorios en las series. Para Gross GW la raza negra se ajusta mejor que la blanca al estándar de GP (Gross et al. 1995). En las series de Ontell et al y de Lodler et al la raza negra se halla adelantada para el estándar de GP (Ontell et al. 1996; Lodler et al. 1993). La serie de Marshall WA en negros jamaicanos comparada con el UK60 del TW2 indica un retraso de la edad ósea desde los 13 años de edad con independencia de factores socioeconómicos (Marshall et al. 1970). Finalmente, Gilsanz V en un estudio entre sujetos de raza negra y blanca en USA no aprecia diferencias significativas entre la edad ósea y la edad cronológica en ambas razas cuando se igualan los factores socioeconómicos (Gilsanz et al. 1988).

Hasta donde llegan nuestros conocimientos, los habitantes de los países musulmanes de Oriente Próximo y del Norte de África y las poblaciones de estos países emigradas a países desarrollados no han sido estudiados sistemáticamente y no se puede afirmar si su ritmo de maduración ósea sigue o no la evolución marcada en otras poblaciones (Souguir et al. 2002). Los únicos estudios disponibles son los de Koc et al (Koc et al. 2001), Büken et al (Büken et al. 2007) y Garamendi et al (Garamendi et al. 2005). Koc A et al realizaron un estudio en población turca moderna, el cual indica un retraso en la edad ósea hasta los 13 años y un adelanto discreto desde esa edad para el GP. El inconveniente principal de este estudio deriva de que su muestra de población solo llega hasta los 17 años de edad cronológica. Este inconveniente ha sido solventado en un estudio reciente por Büken et al, quienes han analizado radiografías del carpo de 409 niños y niñas entre 11 y 19 años de edad de origen caucoside en Turquía. Su estudio, de forma análoga a Koc et al, indica que su población presenta un adelanto de la edad ósea entre los 13 y 17 años y un retraso relativo en el grupo de edad de 18 a 19 años. Garamendi et al publican en España en 2005 un estudio sobre una población de 114 inmigrantes marroquíes con una edad confirmada de 12 a 25 años, elaborando un análisis conjunto tanto de las variaciones en relación con el estándar de Greulich y Pyle para las radiografías de carpo como para la edad dental estimada mediante Ortodontomografías.

Las características socioeconómicas de cada población serían para algunos autores los factores más significativos en cuanto a su capacidad para influir sobre las variaciones en el ritmo de maduración de la edad ósea. Otros estudios, por el contrario, no parecen confirmar esta hipótesis. Así, Marshall WA en población negra jamaicana no apreciaba variaciones en función de la clase social alta o baja de los sujetos (Marshall et al. 1970). Oestreich AE (Oestreich. 1997) también destaca la falta de diferencias entre población rural y urbana alemana en la serie del método de Thiemann-Nitz. Sin embargo, estudios modernos y específicos sobre esta variable de autores como Jahari AB et al (Jahari et al. 2000), sobre población indonesia, Fleshman AK (Fleshman. 2000), sobre población africana, o Melsen B et al (Melsen et al. 1986), sobre población de menores extranjeros adoptados en Dinamarca, identifican claramente a los factores socioeconómicos y la pobreza como productores de retrasos significativos en el ritmo de la secuencia de la maduración ósea durante la fase prepuberal. Entre los factores patológicos identificados claramente como factores de alteración del ritmo de evolución de la edad ósea se hallan, entre otros, la enuresis nocturna (Dundaroz et al. 2001), el déficit de GH (Vallejo-Bolaños et al. 1999), la obesidad (Bueno et al. 1996), los hábitos deportivos de alta competición (Theintz et al. 1993) o las malformaciones óseas y la exposición a agentes físicos, como en el caso de las congelaciones (Freyschmidt et al. 2001).

1.2.2. Dentición:

Desde tiempos anteriores al descubrimiento de los rayos X y de su utilización mediante sistemas de registro en placa, la dentición ha sido utilizada como medio para establecer el diagnóstico de la edad.

En 1836, Thompson, un experto en Medicina Legal inglés, estableció la regla de que "si el tercer molar (el tercero en erupcionar, es decir, el primer molar permanente) no está erupcionado, la edad del niño no puede ser superior a los 7 años". En España, en cambio, Pedro Mata indicaba en 1846 que "*(...) por lo que toca á la niñez ò infancias, la dentición es una guía bastante segura. Sin embargo, tanto por las variaciones que sufre en ciertos individuos, como por no presentarse los dientes á un término tan rigurosamente esacto que nunca falle, tampoco nos será permitido pasar de probables congeturas las mas de las veces. (...) En muchos casos no será posible fijar la edad de un modo terminante sin esponerse á errores graves y funestos; por lo mismo declara el esperto con la reserva debida dando el hecho como probable. El tono afirmativo y resuelto, sobre argüir una presunción ridícula, podría comprometer notoriamente los intereses de la justicia*".

Pese a las palabras del Dr. Mata, la realidad en el siglo XIX y en buena parte del siglo XX fue que la determinación de la edad basada en la dentición se centró fundamentalmente en métodos de estimación basados exclusivamente en la erupción dental. Pese a que casi desde los inicios de la radiología esta técnica diagnóstica fue usada por los dentistas para planificar sus tratamientos, su uso sistematizado para el diagnóstico de la edad basado en pruebas previas sobre radiografías de sujetos vivos era muy limitado, restringiendo su uso real a aplicaciones estrictamente clínicas (Figura 1). El primer uso conocido de la radiología en el campo de la odontología fue realizado por Otto Walkhoff dos semanas después de la publicación del descubrimiento de Röntgen en 1895 (Van der Stelt. 2005).

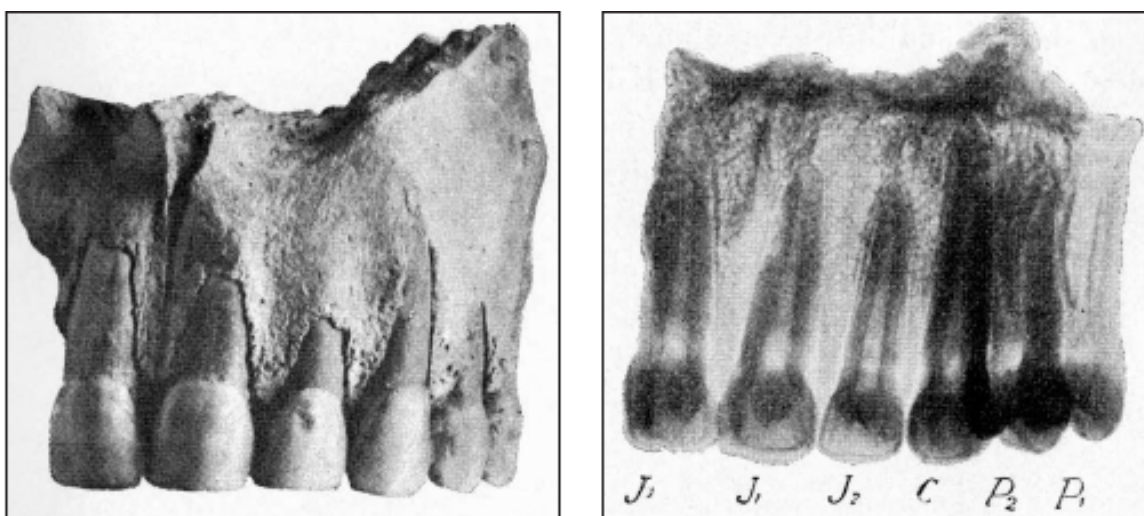


Figura 5. Imagen radiográfica del maxilar del hombre de Kaprina tomada por Gorjanovic-Kramemberg y Walkhoff en 1901 de unos restos óseos paleolíticos hallados en Croacia (tomado de Böni et al 2004).

1.2.2.1. Estudio de la dentición en niños:

La mayor parte de los métodos de diagnóstico de edad aplicados hasta 1960 centrados en la edad dental de los niños estaban basados en su mayoría en estudios osteológicos por sección de los maxilares y en algunos estudios radiológicos aislados tomados de los dientes permanentes de restos cadavéricos (Nolla. 1960). Algunos estudios sobre la calcificación de algunas piezas dentales se habían publicado, como la serie de Gleiser y Hunt sobre el primer molar en la que estudiaron 25 niños y 25 niñas según un diseño longitudinal realizándoles radiografías dentales cada 6 meses desde el nacimiento (Gleiser y Hunt.1955; Hunt y Gleiser. 1955). Igualmente, Garn et al estudiaron 225 niños según un diseño longitudinal y analizaron la evolución de los molares y premolares mandibulares (Garn et al. 1956, 1957, 1958, 1959) aportando datos sobre la secuencia y ritmo de maduración y su relación intersexual.

La principal guía para el diagnóstico en la primera mitad del siglo XX para el examen de la dentición no basado en su erupción eran las tablas de Schour y Massler que describían en conjunto 20 estadios de maduración de la dentición desde los 4 meses tras el nacimiento hasta los 21 años de edad (Schour y Massler. 1940, 1944). Como recuerda Ubelaker, estas tablas estaban basadas en una serie previa de Logan y Kronfeld de 1933 realizada sobre 25 niños enfermos de Ohio entre el nacimiento y los 15 años de edad y tenía dos versiones, una de 1941 y otra más amplia adaptada por la Asociación Dental Americana. Ambas tablas agrupan los resultados en ambos sexos y no coinciden exactamente entre sí y las diferencias en su aplicación pueden dar lugar a variaciones en el diagnóstico de edad de hasta 2 años (Ubelaker DH. 1987).

Como se ha apuntado anteriormente, en 1960 esta tendencia no sistemática de abordaje de la evolución con la edad de la dentición cambia con la publicación por Carmen Nolla de su estudio sistemático sobre la calcificación y maduración de la dentición permanente mediante métodos radiográficos. Es el suyo tal vez el primero en elaborar un método sistemático de cuantificación de la maduración de cada pieza dental y, mediante la aplicación de cálculos basados en una muestra, elaborar estimaciones de edad basadas en evidencias. Además, el suyo es uno de los primeros trabajos en el campo de la odontología forense en utilizar una muestra de población analizada mediante un diseño longitudinal con el fin de valorar en cada sujeto el ritmo específico de maduración.

La muestra de trabajo de Nolla estuvo compuesta por 3 radiografías practicadas a cada niño, incluyendo en su muestra 25 niños y 25 niñas y repitiendo las pruebas con un intervalo anual hasta completar 1746 radiografías de niños y 1656 de niñas. La doctora Nolla elaboró, además, un sistema de 11 estadios de maduración para cada pieza dental (entre el 0 o ausencia de datos de osificación del germen dental hasta el 10 en el que se produce el cierre apical completo) y lo aplicó a cada pieza dental. Después, sumó los valores de cada diente y obtuvo

una puntuación directa de suma total de los dientes mandibulares y maxilares, incluyendo los terceros molares y excluyéndolos. Sus resultados de medias de puntuaciones para cada grupo de edad los recopiló en tablas específicas (Tablas 1 a 4).

Los resultados de estos cálculos le permitieron estimar que no había diferencias significativas entre ambas hemiarquadas en un mismo niño en la misma edad y que se apreciaba un adelanto madurativo en las niñas.

NIÑOS

Edad	Suma 7 dientes Mandibulares	Suma 7 dientes Maxilares	Suma 14 dientes Ambas hemiarquadas
3	22,3	18,9	41,2
4	30,3	26,1	56,4
5	37,1	33,1	70,2
6	43,0	39,6	82,6
7	48,7	45,5	94,2
8	53,7	50,8	104,5
9	57,9	55,5	113,3
10	61,5	59,5	121,0
11	64,0	62,6	126,6
12	66,3	65,3	131,6
13	67,8	67,3	135,1
14	69,0	68,5	137,5
15	69,7	69,3	139,0
16	70,0	70,0	140,0
17	70,0	70,0	140,0

Tabla 1. Resultados de Nolla C para los siete dientes de cada hemiarquada en niños (excluido el tercer molar) (Nolla. 1960)

NIÑAS

Edad	Suma 7 dientes Mandibulares	Suma 7 dientes Maxilares	Suma 14 dientes Ambas hemiarquadas
3	24,6	22,2	46,8
4	32,7	29,6	62,3
5	40,1	37,9	78,0
6	46,6	43,4	90,0
7	52,4	49,5	101,9
8	57,4	54,9	112,3
9	58,4	59,6	118,0
10	64,3	63,4	127,7
11	66,3	64,0	130,3
12	67,9	67,8	135,7
13	68,9	69,2	138,1
14	69,4	69,7	139,1
15	69,8	69,8	139,6
16	70,0	70,0	140,0
17	70,0	70,0	140,0

Tabla 2. Resultados de Nolla C para los siete dientes de cada hemiarquada en niñas (excluido el tercer molar)(Nolla. 1960)

NIÑOS

Edad	Suma 7 dientes Mandibulares	Suma 7 dientes Maxilares	Suma 14 dientes Ambas hemiarcadas
7	49,5	45,5	95,0
8	55,1	51,8	106,9
9	59,7	57,3	117,0
10	63,5	61,8	125,3
11	66,7	65,6	132,3
12	69,8	69,3	139,1
13	72,3	72,2	144,5
14	74,3	74,4	148,7
15	75,9	75,9	151,8
16	77,3	77,7	155,0
17	77,6	78,0	155,6

Tabla 3. Resultados de Nolla C para los siete dientes de cada hemiarcada en niños (incluido el tercer molar) (Nolla. 1960)

NIÑAS

Edad	Suma 7 dientes Mandibulares	Suma 7 dientes Maxilares	Suma 14 dientes Ambas hemiarcadas
7	54,2	49,5	103,7
8	59,5	57,0	116,5
9	66,7	62,0	122,7
10	67,5	66,6	134,1
11	70,0	68,3	138,3
12	72,6	73,2	145,7
13	74,7	75,4	150,1
14	75,9	76,5	152,4
15	76,7	77,1	153,8
16	77,5	78,0	155,5
17	78,0	78,7	156,7

Tabla 4. Resultados de Nolla C para los siete dientes de cada hemiarcada en niñas (incluido el tercer molar) (Nolla. 1960)

En 1963 Moorrees, Fanning y Hunt desarrollaron en la Universidad de Harvard un método para la estimación de la edad basado en la valoración diferenciada en cada diente de las fases de evolución de cada una de sus elementos: corona, raíz y ápex. Los valores obtenidos para cada elemento se relacionan con las tablas incluidas en el mismo estudio y que permiten la estimación de la edad. Este método es el recomendado por Ubelaker, que lo incluye en su texto conjunto con Buikstra para el diagnóstico de la edad basado en los dientes en restos esqueléticos (Ubelaker. 1987; Buikstra y Ubelaker. 1994) (Figuras 6 y 7). Anderson amplió los estudios de la serie de Moorrees incluyendo al tercer molar (Anderson et al. 1976).

En 1973 y 1976 Demirjian propuso un sistema de diagnóstico de edad dental basado en una simplificación de los modelos previos de cuantificación de la maduración de cada pieza dental y añade un sistema de puntuaciones que le permite, mediante su comparación con tablas gráficas, obtener estimaciones de edad basadas en los siete dientes mandibulares o sólo en 4 de ellos (Demirjian et al. 1973; Demirjian y Goldstein. 1976). La muestra de población en la que basó sus resultados estadísticos estuvo formada por 2407 niños y 2349 niñas de origen franco-canadiense entre 2 y 20 años de edad. El sistema gráfico de estadios de Demirjian se reproduce en la figura 8.

Las adaptaciones de estos métodos a diversas poblaciones han sido múltiples. En la actualidad, por su simplicidad, el método de Demirjian tal vez sea el método más generalizado.

Otros métodos se han probado en los últimos años para el diagnóstico basado en la maduración de las piezas dentales. Destaca entre ellos, el método propuesto por Kullman y basado en la digitalización de imagen radiográfica para, en ella, obtener una razón entre la longitud total del diente y la longitud de su raíz. Este autor encontró que mediante este método podía obtener resultados similares a los obtenidos por métodos morfológicos para edades hasta los 14 años de edad (Kullman. 1995).

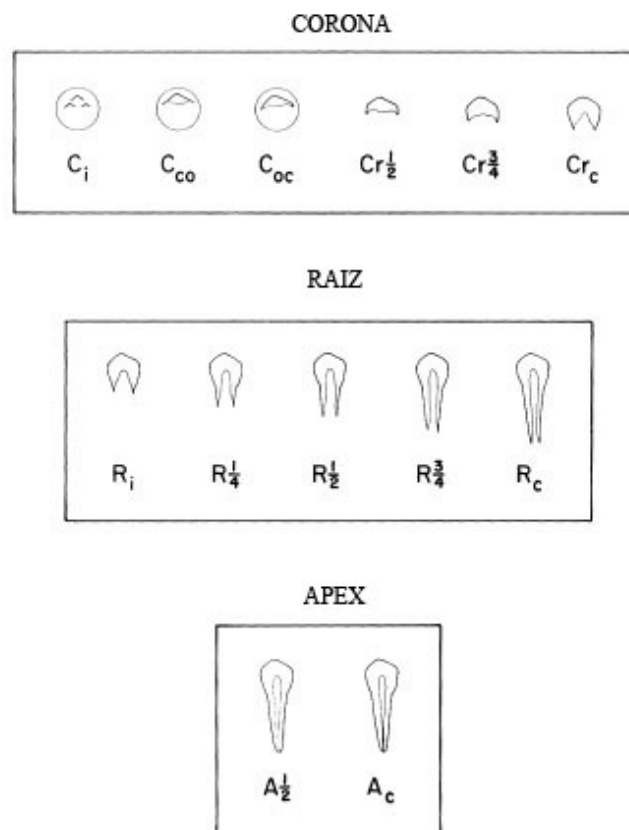


Figura 6. Estadios para la evaluación de la maduración de piezas monorradiculares (Moorrees et al. 1963)

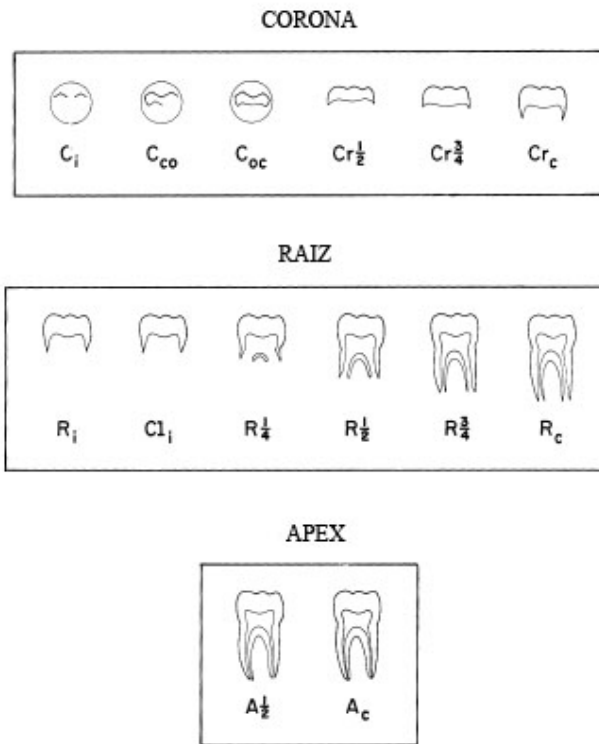


Figura 7. Estadios para la evaluación de la maduración de piezas molares (Moorrees et al. 1963)

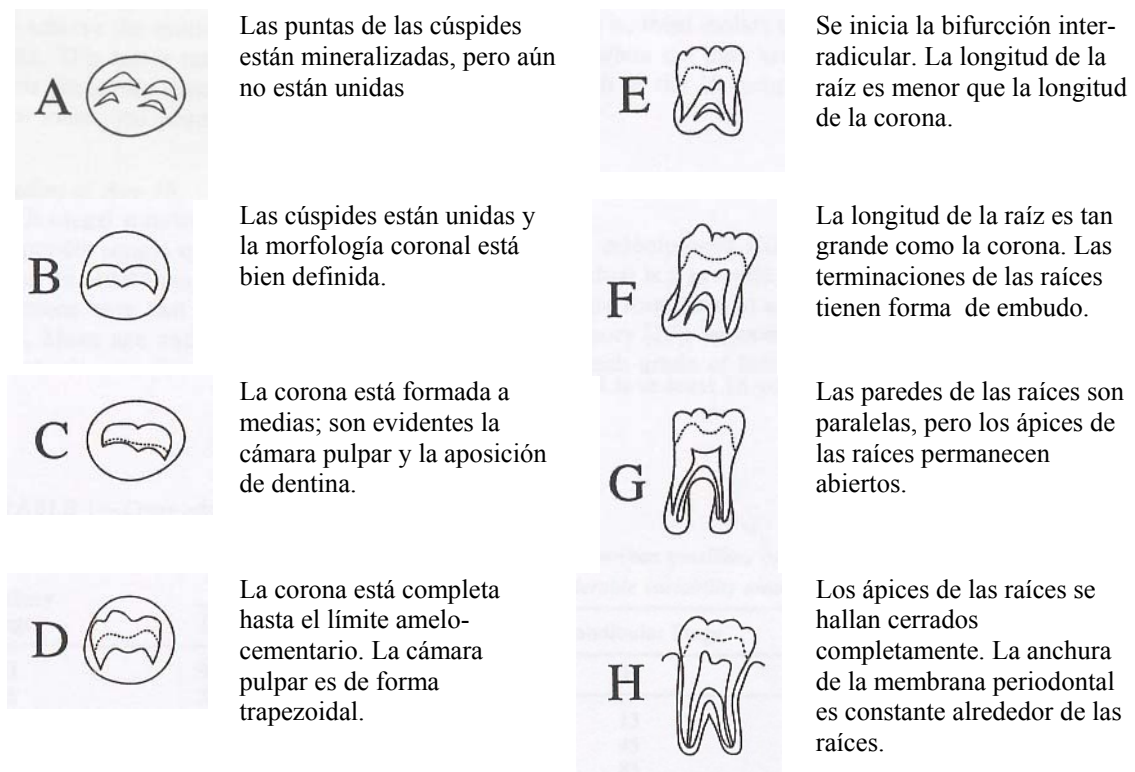


Figura 8. Sistema de estadios de Demirjian et al para la cuantificación de los cambios madurativos con la edad en molares.

En el estudio específico de la maduración del tercer molar como parámetro para la estimación de la edad entre los 14 y 18 años, el método más generalizado consiste en la aplicación de una variante del sistema gráfico de Demirjian para los molares propuesta originalmente por Mincer et al en 1993. El estudio de Mincer se basó en una muestra amplia de radiografías dentales en EEUU y llevó a los autores a considerar que si el tercer molar se hallaba en estadio H de Demirjian, la probabilidad de que su edad fuese de 18 años o superior era de un 85 a 92 % e inversamente, si el estadio del tercer molar era A a D, la probabilidad de que el sujeto fuese menor de 18 sería de 84 a 90 %. Las variaciones de este porcentaje de acierto se debieron a las diferencias entre aplicar el método en terceros molares maxilares o mandibulares, derechos o izquierdos o a que el método se aplicase en hombres o en mujeres (Mincer et al. 1993).

En 2002 Solari y Abramovitch pusieron a prueba la eficacia del método de Mincer en una población de 679 hispanos de EEUU y comprobaron que la presencia de un tercer molar en estadio H indicaba una probabilidad del 85-92 % de que el sujeto fuese mayor de 18 años. A la inversa, si estuviese en estadios A al F, la probabilidad de que fuese menor de 18 años sería del 90 % (Solari y Abramovitch. 2002). Un estudio multirracial sobre la maduración del tercer molar según el método propuesto por Mincer fue publicado en 2003 y 2004 por Olze et al sobre una muestra de población mixta de caucosoides alemanes, asiáticos japoneses y negroides sudafricanos (Olze et al. 2003, 2004)

En España, Prieto et al han publicado recientemente una adaptación del estudio citado de Mincer para población española. Su muestra de población ha sido de 1054 radiografías de sujetos entre 14 y 21 años de edad, siendo un 44% hombres y un 56 % mujeres (Prieto et al. 2005). La probabilidad de estimación positiva de mayoría de 18 años en estadio H fue de un 85,36 a 91,67 %.

En otros países se han realizado también estudios con otras series de población siguiendo las recomendaciones de Mincer et al con el fin de comprobar su validez. Entre ellas, recientemente se han publicado series en población turca caucasoide (Orhan et al. 2007), en la que se analizaron 1134 sujetos entre 0 y 20 años de edad, o en población caucasoide de Austria (Meinl et al. 2007), en la que lo fueron 610 sujetos entre 12 y 24 años de edad. En EEUU Blankenship et al (Blankenship et al. 2007) publicaron un nuevo estudio sobre la evolución del tercer molar siguiendo las recomendaciones de Mincer et al en poblaciones étnicas diferenciadas. En su estudio analizaron comparativamente a poblaciones de jóvenes hombres y mujeres de origen étnico negroide africano y caucasoide europeo provenientes de EEUU y Canadá.

Finalmente en un intento de aumentar la eficacia de los métodos de radiografía para el diagnóstico de la edad basado en la dentición se han propuesto métodos basados en la aparición asociada con el aspecto madurativo de las piezas dentales de fenómenos

degenerativos patológicos. Así, se han propuesto los llamados métodos DMFT y DFT (D de decayed o careado, M de missing o ausente y F de filled o tratado) que valoran la existencia de los rasgos de deterioro dental en cada pieza. En una serie sobre 650 radiografías de sujetos alemanes, Olze et al comprobaron que la eficacia del método mixto aplicado (DMFT de todas las piezas dentales, erupción del tercer molar y recesión periodontal del segundo molar) para valorar si la edad era mayor de 21 años de edad era de un 69,7 % en hombres y de un 71,4 % en mujeres (Olze et al. 2005).

1.2.2.2. Estudio de la dentición en adultos:

La dentición en adultos ha sido estudiada desde el punto de vista radiológico mediante pocos métodos. Estos métodos se basan en las consecuencias en el campo de la odontología forense que tuvo el estudio de Gustafson en 1950 sobre la aparición de una serie de fenómenos degenerativos en las piezas dentales (Gustafson. 1950). Estos fenómenos morfológicos descritos por Gustafson en los dientes fueron :

- Atrición oclusal
- Formación de dentina secundaria coronal
- Pérdida de unión periodontal
- Aposición de cemento en el ápex radicular
- Resorción apical y
- Transparencia de la raíz

Cada parámetro era cuantificado mediante una escala de 0 a 3 y la suma total se añadía a una fórmula de regresión para estimar la edad.

El método original de Gustafson ha sido severamente criticado por la falta de rigor metodológico para su desarrollo. Incluso se llegó a descubrir que los cálculos aplicados habían sido erróneos y ello había hecho que la fórmula de regresión fuese errónea (Maples y Rice. 1979). Varios autores intentaron mejorar la fórmula y fue Johanson quien consiguió desarrollar una adaptación del método más precisa (Johanson. 1971).

En 1993, Solheim presentó los resultados de un estudio que realizó sobre 1000 dientes en los que analizó una multiplicidad de variables que le permitieron elaborar unas fórmulas de regresión con un alto grado de precisión en el diagnóstico de la edad (Solheim. 1993).

En el campo de la radiología algunos autores han desarrollado métodos que intentan reflejar algunos de los parámetros valorados por los autores que habían estudiado dientes completos morfológicamente. Los primeros estudios que partieron como base de muestras radiográficas dentales en adultos son relativamente tardíos. Los estudios que se han desarrollado sobre la base de estas muestras radiográficas se han centrado en adultos fundamentalmente en los fenómenos de recesión pulpar por aposición de dentina secundaria en la corona y en las raíces dentales. Entre ellos, las publicaciones iniciales planteaban la utilidad del método radiográfico en su capacidad de reflejar tal fenómeno. Destacan entre ellos, los estudios de Phillipas (1961) o Shaw y Jones (1984).

George G. Phillipas en 1961 estudió 93 piezas molares de sujetos entre 6 y 93 años y en ellos propuso un primer sistema gráfico de 8 estadios de obliteración progresiva de la cámara pulpar

(A al H). Sus hallazgos los comparó en una muestra de 75 molares de sujetos entre 5 y 49 años procedentes de una muestra arqueológica (Phillipas. 1961).

Unos años después, Shaw y Jones analizaron una muestra de radiografías de 259 niños entre 11 y 14 años. En ellos, analizaron la longitud relativa de la cámara pulpar en una secuencia longitudinal a lo largo de 3 años. Se centraron en la posible recesión de la cámara pulpar en las piezas molares definitivas primera y segunda y llegaron a la conclusión de que se apreciaba en esa secuencia de tres años una disminución progresiva de la cámara pulpar, fenómeno que era independiente de la aparición de fenómenos de tratamiento reparativo dental o de caries. Las medidas registradas por Shaw y Jones se incluyen en la figura 9 (Shaw y Jones. 1984).

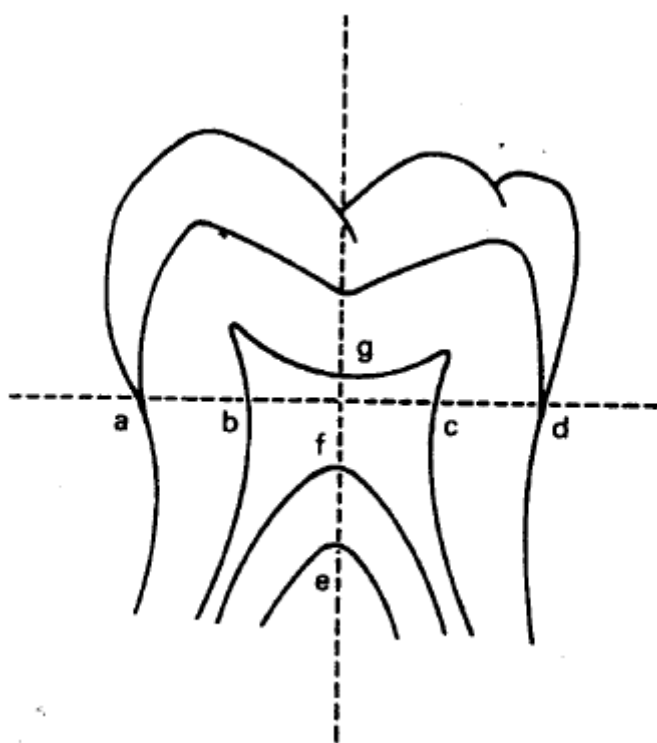


Figura 9. Medidas tomadas en radiografías por Shaw y Jones (1984)

En 1985, Karin Nässtrom et al abordaron el fenómeno de la aposición de dentina secundaria desde una perspectiva clínica estricta, al comprobar como se apreciaba una aposición acelerada de dentina secundaria en sujetos afectados de insuficiencia renal y tratamiento por corticosteroides. Se trataba de 51 sujetos de los que un tercio se hallaban en fases de uremia terminales. Pudo comprobarse que aquellos a los que se les sometía a transplante renal tenían un mayor estrechamiento de la cámara pulpar, lo que los autores correlacionaron con las altas dosis de corticosteroides a los que se exponía a los pacientes para evitar el rechazo del transplante (Nässtrom et al. 1985).

En 1990, Woods et al estudiaron 234 sujetos en los que analizaron incisivos centrales maxilares, caninos mandibulares y segundos molares mandibulares. En ellos analizaron las dimensiones de la cámara pulpar coronal y de la longitud de las raíces dentales. Observaron que las dimensiones de la longitud de las raíces eran independientes de la edad, pero no así el diámetro de la cámara pulpar, que disminuía con la edad de los sujetos. Observaron, además, que este fenómeno era progresivo pero presentaba un pico de aceleración hacia los 35 a 40 años de edad (Woods et al. 1990).

En 1991, 1993 y 1994, Morse et al presentaron un estudio sobre la reducción que se puede apreciar en el diámetro y longitud de la cavidad pulpar en las raíces dentales analizando piezas dentales monorradiculares mediante radiografía dental periapical. En su primer estudio analizaron 104 pacientes mediante una serie longitudinal en los que se pudo apreciar el fenómeno en estudios radiográficos separados entre sí hasta 5 años en dientes monorradiculares (figura 10). En su segundo estudio, incluyeron a 500 pacientes entre 17 y 79 años en un diseño transversal. En este analizaron no sólo la disminución del diámetro pulpar y la longitud de la cámara sino que observaron que también, como habían sugerido autores anteriores, se observaba disminución de la cámara pulpar en la corona con la edad. En el tercer estudio, analizaron en 200 radiografías de sujetos hasta 13 parámetros, incluyendo no sólo medidas en dientes monorradiculares, sino también otros como la altura del hueso alveolar, caries, pérdidas de piezas dentales, estado de los terceros molares o atrición. Comprobaron que estos fenómenos también aumentaban con la edad (Morse. 1991; Morse et al. 1993, 1994).

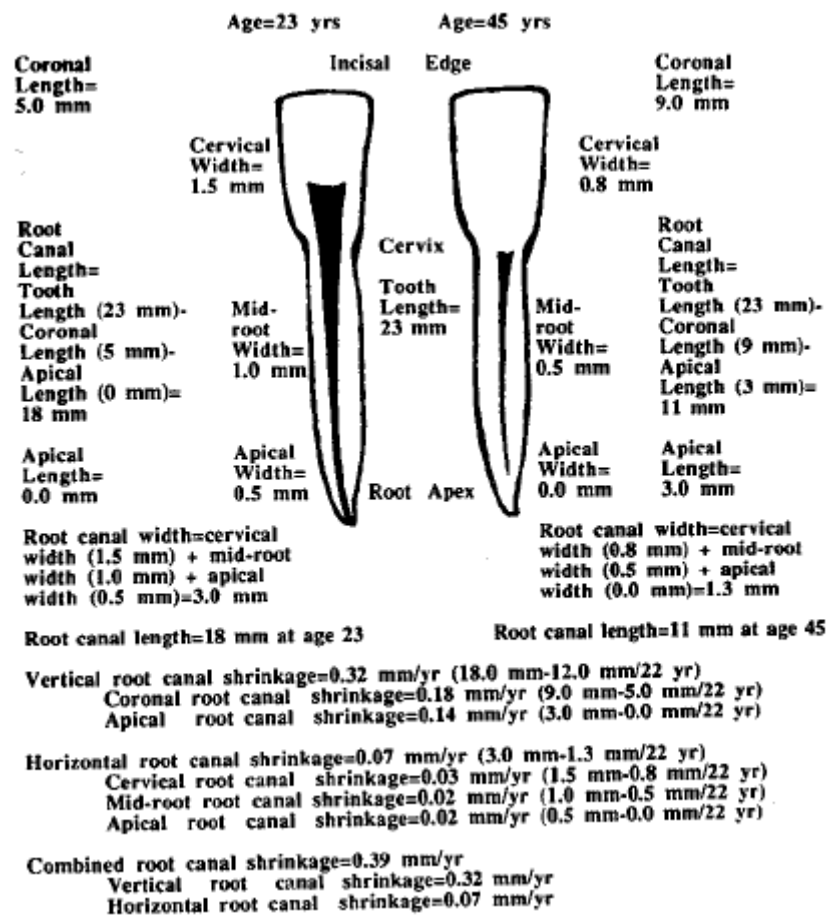


Figura 10. Medidas tomadas y resultados en un sujeto a los 23 y 25 años en un incisivo central mandibular (Morse et al. 1991)

El primer autor que de alguna manera resume las conclusiones de estudios precedentes y propone un modelo de estudio destinado al diagnóstico de edad en piezas dentales fue Prapanpoch en 1992. Las medidas que tomaron los autores eran análogas a las referidas por Shaw y Jones en 1984 (figura 9). Su muestra de estudio fueron 40 hombres y 40 mujeres entre 15 y 55 años de edad. Sin embargo, pese a comprobar que las medidas eran reproducibles entre dos observadores y que parecía existir una cierta correlación entre la disminución de las medidas de la cámara pulpar coronal con la edad, la extrapolación de los resultados de medidas estandarizadas como indicadores de edad era poco fiable (Prapanpoch et al. 1992).

En 1993 Drusini y, nuevamente en 1997, Drusini et al analizaron en el primer caso 166 molares y premolares de 102 varones y 64 mujeres y en el segundo 846 piezas de 213 hombres y 220 mujeres. Basándose en unas mediciones de la cámara pulpar, análogas a las realizadas por Woods et al en 1990, obtuvieron un índice entre la altura coronal total y la altura de la cámara pulpar en la corona (índice diente-corona= altura de cámara pulpar en la corona / corona*100/ altura de la corona). Con este valor, elaboraron tres fórmulas de regresión, una para cada sexo

y otra para ambos sexos, tanto para dientes molares como para premolares. La fórmula que les permitió obtener mejores resultados de diagnóstico de edad es la relativa a varones en varones, con un error de +/- 5 años en el 81,4 % de casos (Drusini.1993; Drusini et al. 1997).

En 2005, Igbigbi et al analizaron la validez del método de Drusini en un muestra de sujetos originarios de Malawi. Reunieron ortopantomografías de 77 varones y 57 mujeres entre 20 y 80 años y comprobaron la eficacia del método. En su análisis, elaboraron unas fórmulas específicas para su población, distintas de las de Drusini y otras ya propuestas por otros autores, pero con ellas alcanzaron estimaciones de edad bastante precisas, especialmente en varones en los molares (53,25 % de la muestra de varones con un error de edad de +/- 5 años).

En 1994, Kvaal y Solheim realizaron un estudio sobre 452 piezas dentales extraídas en el que analizaron desde una perspectiva radiológica e histológica las mismas, proponiendo un método mixto que parece aumentar la eficacia del original de Solheim (Kvaal y Solheim. 1994). Un año después, en 1995, Kvaal et al publicaron las conclusiones de su estudio sobre piezas dentales únicamente desde un punto de vista radiológico. Para ello analizaron a 100 sujetos entre 20 y 87 años de edad; en ellos estudiaron segundos molares e incisivos maxilares centrales y laterales e incisivos laterales, caninos y primeros premolares mandibulares, ya que previamente habían comprobado que sus medidas se correlacionaban mejor con la edad que otras piezas dentales. Utilizaron indistintamente piezas izquierdas y derechas, al haber comprobado previamente que no había diferencias por lateralidad. En estos dientes midieron varias medidas bidimensionales que les permitieron definir tres índices. Las medidas fueron (figura 11):

- Longitud total del diente
- Longitud de la corona hasta el límite amelo-cemental
- Longitud de la cámara pulpar en la corona
- Longitud de la raíz
- Anchura de la raíz y la pulpa a nivel de la unión amelo-cemental
- Anchura de la raíz y la pulpa a nivel de mitad de la raíz
- Anchura de la raíz y la pulpa a nivel de la mitad entre las dos medidas anteriores.

Con estas medidas definen una serie de razones que aplican a cada diente estudiado. Elaboran con estas razones una serie de fórmulas de regresión para todos los dientes estudiados (6) y para los tres mandibulares y tres maxilares en las que los parámetros son la media de todas las razones en todos los dientes y la diferencia entre las medias de razones longitudinales y de anchura. En el caso de la fórmula más acertada, la elaborada con los seis dientes, el error estándar de estimación de edad es de 8,6 años ($Edad = 129,8 - 316,4 * M - 66,8 * (W - L)$); donde M= media de todas las razones en todos los dientes; W= media de todas las

razones de anchura en todos los dientes; y L= media de todas las razones de longitud en todos los dientes) (Kvaal et al. 1995).

En un estudio posterior, el mismo grupo analiza la correlación inter e intraobservadores para el método de Kvaal comparando la fiabilidad de las medidas tomadas mediante métodos de medida directa en placas radiográficas o mediante técnicas de tratamiento digital de imagen. Sorprendentemente, los resultados indican que las correlación inter e intraobservadores de las medidas digitales no es correcta, pero sí lo es la medida directa sobre radiografías. Proponen como explicación que las radiografías digitales definen demasiados niveles de grises frente a lo que es valorable en una placa radiográfica y ello limita la posibilidad de definir de forma clara los límites entre pulpa y dentina en las radiografías digitalizadas. En su análisis toman en consideración el uso de la herramienta digital de modificación de contraste y brillo, pero no la limitación de los niveles de gris en la imagen (Kolveitt et al. 1998).

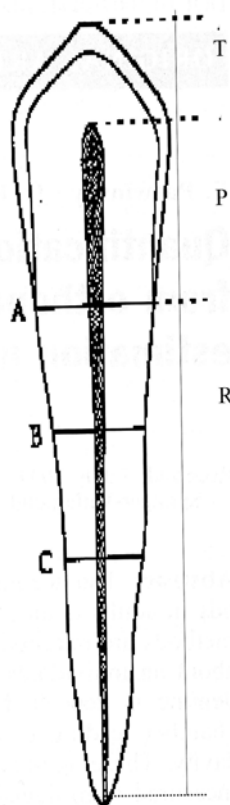


Figura 11. Medidas realizadas por Kvaal et al en 1995 sobre radiografías dentales.

En 2004, Bosmans et al analizan la validez de las fórmulas de Kvaal cuando son aplicadas en mediciones realizadas no en radiografías periapicales, sino en ortopantomografías. Para ello, analizan una muestra de 197 caucasoides de edades entre 19 y 75 años y llegan a la conclusión de que las fórmulas originales otorgan resultados similares (Bosmans et al. 2004).

En 2005, Paewinsky et al analizan en 168 sujetos entre 14 y 81 años la validez de las medidas destinadas a elaborar fórmulas de regresión que permitan un diagnóstico de edad mediante un método similar al de Kvaal, pero aplicado en OPG y sobre varias piezas dentales: piezas 11, 12, 21, 22, 32, 42, 33, 43, 34, 44, 15 y 25. Las fórmulas que elaboran y los análisis de correlación para cada indicador y razón por separado, les permiten comprobar la validez del método. Además, comprueban la validez del uso de métodos de medida mediante programas de software aplicados a radiografías digitalizadas. En su estudio comprueban que si el explorador tiene experiencia en el manejo de este tipo de programas y ha realizado un entrenamiento previo para definir los límites entre pulpa y dentina, los resultados son reproducibles en el mismo observador (alta correlación intraobservador), pero si el observador carece de esta formación previa, sus resultados tienen baja correlación interobservadores e intraobservador. Los autores aluden a los mismos problemas de definición de imagen indicados por Kolveitt et al en 1998, pero, de nuevo, no aplican técnicas de restricción de escala de grises (Paewinsky et al. 2005).

En 2004, Cameriere et al en Italia han propuesto un peculiar sistema de valoración indirecta de la aposición de dentina secundaria en la cámara pulpar. En su método, utilizan el programa de tratamiento de imagen digital Adobe® Photoshop 7.0 y con éste definen varios puntos en la cámara pulpar que luego unen entre sí con un herramienta del programa (lazo poligonal). Este método les permite medir el área de la cámara pulpar y de la dentina (calcula del número de pixels mediante histograma) y, en función de su ratio, valorar la disminución progresiva del área de la cámara pulpar con la edad. En su primer estudio, la muestra de población estuvo compuesta OPG de 100 sujetos italianos (46 hombres y 54 mujeres) de edades entre 18 y 72 años y la segunda de 312 (135 hombres y 177 mujeres) entre 14 y 24 años (Cameriere et al. 2004a, 2004b).

Curiosamente, como le sucedió a Prapanpoch et al en 1992, otros autores han puesto a prueba los métodos indicados no hallando claras correlaciones con la edad o al menos no los suficientemente fuertes como para permitir aplicar estos métodos como indicadores de la edad. Entre otros, Chandler et al en 2003 en una muestra de 121 sujetos mongoloides no encontraron correlación con la edad en las dimensiones de la cámara pulpar, aplicando un método similar al de Prapanpoch. Sin embargo, sí observaron correlaciones con otros parámetros, como la raza mongoloide o la existencia de tratamientos de restauración dental, en oposición a lo planteado por Shaw y Jones en 1984 (Chandler et al. 2003).

De la misma manera, Meinl et al tampoco han encontrado una adecuada correlación con la edad de las fórmulas propuestas por Kvaal y Paewinsky basadas en medidas métricas y ratios entre pulpa y dentina a varios niveles radiculares obtenidas en radiografías dentales. Las medidas y ratios obtenidas tampoco tuvieron en su estudio el grado de correlación con la edad descrito por los autores originales, afectando este hecho a la validez de las fórmulas aplicadas.

Su muestra de estudio estuvo basada en Ortopantomografías dentales digitalizadas de 44 sujetos entre 13 y 24 años de edad (Meinl et al. 2007b).

Landa MI, en una comunicación personal aún no publicada, ha encontrado hallazgos similares a los de Meinl et al sobre una muestra de ortopantomografías dentales digitales de sujetos entre 0 y 70 años de edad del Norte de España. En esta serie no se ha encontrado una buena correlación con la edad ni de las medidas métricas obtenidas ni de las fórmulas de Kvaal y Paewinsky, sugiriendo que posiblemente el propio proceso de digitalización de la imagen radiográfica habría podido interferir en los resultados aportando medidas imprecisas y por ello condicionando una insuficiente correlación de los resultados con la edad (Landa MI. 2007).

1.2.3 Otras regiones anatómicas:

Además del estudio de piezas dentales y maduración del carpo, otras regiones anatómicas fueron estudiadas a lo largo de los años para intentar valorar su utilidad como métodos de diagnóstico de la edad en Antropología Física. La enumeración completa de la lista de estos estudios o siquiera de los principales resultaría inalcanzable para los fines de este trabajo. Simplemente se apuntan algunas de las series más sugestivas.

El esqueleto del pie ha sido usado por Whitaker et al en 2002 (Whitaker et al. 2002). En su estudio valoraron la utilidad de un método radiográfico de valoración de la fusión de los núcleos epifisarios y diafisarios de diversos huesos del pie (calcáneo, metatarsianos y falanges), indicando en sus resultados que tendrían utilidad como método de diagnóstico de edad entre el nacimiento y los 150 meses de edad en mujeres y los 200 meses en varones. Hernández et al en 1991 (Hernández et al. 1991) también presentaron un estudio en población española sobre la utilidad de radiografías del pie en el diagnóstico del ritmo de la maduración. Estos autores estudiaron las epífisis distales del peroné y tibia, y el calcáneo y las cuñas con el fin de valorar su ritmo de crecimiento y observaron en una muestra de 1357 radiografías de niños de 0 a 2 años que el método era altamente preciso. Banerjee y Agarwal en 1998 publicaron un estudio en el que analizaron la correlación con la edad de la fusión epifisaria de las epífisis distales de tibia y peroné, valorando su eficacia como método diagnóstico de edad hasta los 16 a 17 años en población hindú (Banerjee y Agarwal. 1998), con resultados similares a los descritos por Crowder y Austin en 2005 sobre una población multirracial americana (Crowder y Austin. 2005).

El esqueleto de la rodilla también ha sido estudiado como método de estimación de la maduración ósea. En España en 1997, Jiménez Castellanos et al analizaron 220 radiografías de rodilla de niños de 3 meses a 14 años y en ellos analizaron los centros de osificación de: patela, epífisis proximal del peroné, epífisis proximal, diáfisis y tuberosidad tibiales y diáfisis y epífisis distal del fémur (Jiménez Castellanos et al. 1997). Estudios similares ya habían sido anteriormente realizados habiéndose publicado incluso atlas en 1954 (Acheson. 1957), 1955 (Pyle y Hoerr. 1955), 1957 (Narayan et al. 1957), 1969 (Pyle y Hoerr. 1969) o 1975 (Roche, Wainer y Thissen. 1975). Otros autores han valorado la eficiencia relativa de este método en contraste con otros más estandarizados como el método de Greulich – Pyle o el Tanner – Whitehouse para la muñeca (Vignolo et al. 1990, Aicardi et al 2000, Xi H y Roche AF en 1990).

En el fémur, aparte de trabajos clásicos, como los de Acsádi y Nemeskéri (1970) sobre la involución trabecular de la epífisis proximal, algunos estudios recientes han retomado esta región anatómica para el diagnóstico de la edad en adultos, incidiendo en su discreta eficacia como método diagnóstico (Gehring et al 2002, Pueyo et al 2003).

En la pelvis, uno de los signos clásicos más utilizados en el diagnóstico médico de la maduración ósea es el llamado signo de Risser o proceso de fusión de la cresta iliaca. Desde los primeros estudios de Risser sobre el mismo (Risser. 1958), este signo ha sido utilizado y revisado por varios autores confirmando su utilidad como método de diagnóstico de la terminación del proceso de fusión epifisaria general hacia los 18 años en niños (Biondi et al. 1985; Scole et al. 1988).

En la región del codo varios estudios han analizado la validez de métodos de cuantificación de la maduración epifisaria para el diagnóstico de la edad. En 1979, Schedewie et al. analizaron la utilidad del método de diagnóstico basado en la fusión de los núcleos epifisarios del codo en una población de niños alemanes y llegaron a la conclusión de que el método era tan útil como el de Greulich y Pyle para niños entre 6 y 15 años, siendo de menor eficacia en edades superiores (Schwedewie et al. 1979). A una conclusión similar llegaron Sahni et al. en 1994 sobre una población de niñas hindúes de 11 a 19 años (Sahni et al. 1994).

La columna cervical en estudios de radiografía cervical lateral también ha sido usada como método de diagnóstico de edad durante la adolescencia. En 1972, Lamparski presentó en su tesis doctoral las bases de un sistema gráfico estándar para valorar la progresión con la edad de la fusión epifisaria de las vértebras cervicales en la citada proyección radiológica (Lamparski. 1972). Desde entonces, varios autores han reevaluado el método y han confirmado su eficacia en el diagnóstico de la edad ósea. Entre estos trabajos destacan los de Chang et al. en 2001 en Taiwán (Chang et al. 2001), Caltabiano et al. en 1990 en Italia (Caltabiano et al. 1990), Kucukkles et al. en 1999 en Turquía (Kucukkles et al. 1999), Zhang y Wang en China en 1997 (Zhang y Wang. 1997), San Román et al. en 2002 en España (San Román et al. 2002) o Mourelle en España en el 2004 (Mourelle, 2004). San Román et al. propusieron una modificación del sistema de Lamparski que mejora la eficacia del método de diagnóstico de edad. Bacetti et al. en 2002 (Bacetti et al. 2002) también propusieron una modificación del método basada en las modificaciones previas de O'Reilly y Yaniello (O'Reilly y Yaniello. 1988) y Hassel y Farman (Hassel y Farman. 1995). Para ello, utilizaron inicialmente 706 sujetos a los que se les practicaron cefalometrías en las que se podía valorar la columna cervical lateralmente, digitalizaron las imágenes y mediante programas de tratamiento de imágenes intentaron reducir el sistema de estadios de Lamparski modificado por O'Reilly y Yaniello demostrando mediante medidas e índices sobre puntos de la placa la conveniencia de agrupar estadios.

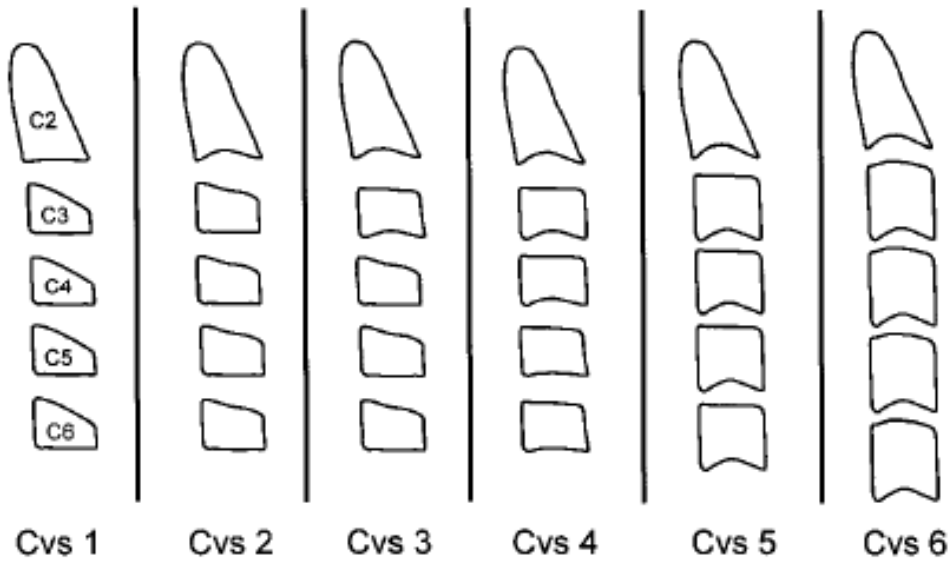


Figura 12. Sistema de estadios de maduración cervical según el método de Lamparski (Lamparski, 1970) modificado por O'Reilly y Yaniello (1988)

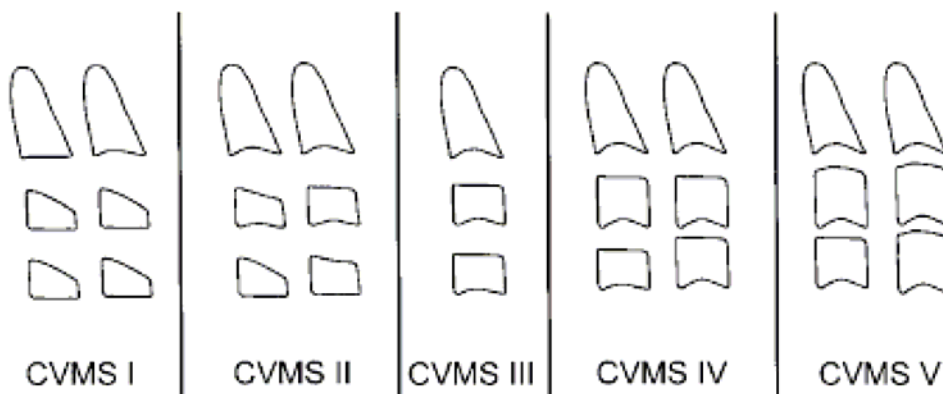


Figura 13. Sistema de Lamparski modificado y propuesto por Baccetti et al (2002)

Otros autores también han analizado la evolución de los cambios madurativos en la columna cervical, habitualmente mediante radiografías cervical lateral o telerradiografía, como método de diagnóstico de la edad hasta los 16 años especialmente en el campo de la terapia ortodóncica orientado a planificar los tratamientos basándose en el grado de crecimiento de los pacientes, como Sato y Mito et al en Japón (Sato, 1987; Mito et al. 2002), Moscoso en población italiana (Moscoso et al. 1987), Vilar Martínez en población española (Vilar et al. 1994), García Fernández en población mejicana (García et al. 1998), Bujaldon-Daza en población española (Bujaldon-Daza et al. 1998), Carreño en población española (Carreño et al. 2000), Franchi en Italia (Franchi et al. 2000) o Hong-Po (Hong-Po et al. 2001).

1.3. Aplicación de otros métodos de diagnóstico de imagen derivadas de la Radiología en Antropología Física: Ultrasonografía, densitometría y Tomografía Axial Computerizada.

No sólo se han utilizado métodos de radiología convencional para estos estudios. Varios trabajos han analizado, además, la utilidad de métodos de imagen como la ultrasonografía, estudios de densidad ósea mediante densitometría (Gisbert. 2003) o la tomografía axial computerizada 2D y 3D con estos fines.

Los métodos basados en imágenes obtenidas con ultrasonografía han sido especialmente recomendados por autores como Wagner et al (Wagner et al. 1995) o Castriota – Scandenberg (Castriota-Scandenberg et al. 1995, 1998) para su uso en la evaluación del signo de Risser en la pelvis o la fusión del tercio proximal del fémur, ya que al no suponer emisión radiográfica, carecen de las complicaciones inherentes al método radiográfico que supone exposición de las gónadas a las radiaciones ionizantes. Autores como Mentzel et al también han comprobado que su eficacia como método alternativo a la radiografía del carpo puede resultar aceptable (Mentzel et al. 2005).

Los métodos de diagnóstico basados en imágenes de TAC, como se ha comentado han sido utilizados desde hace ya varios años en el diagnóstico de edad. En los primeros estudios, el método se aplicaba para poder confirmar los parámetros de maduración descritos en restos osteológicos, aprovechando la capacidad del método para ser aplicado en sujetos vivos y de este modo buscar una necesaria corrección de resultados en poblaciones no patológicas. Para ello se han utilizado imágenes de TAC tanto bidimensionales como de reconstrucción tridimensional. Estos últimos estudios se han aplicado, entre otras regiones anatómicas a la pelvis. Telmon et al en 2005 en Tolouse (Francia) publicaron un estudio con métodos osteológicos y de TAC helicoidal sobre una muestra de restos osteológicos (Telmon et al. 2005). Las conclusiones de su estudio aportan datos claros sobre la reproducibilidad de resultados entre las valoraciones osteológicas de la sínfisis pubiana mediante el método de Suchey y Brooks y las valoraciones que se pueden realizar sobre imágenes obtenidas con TAC helicoidal. De forma similar, los métodos más sofisticados de TAC han sido utilizados también en paleorradiología para el estudio morfológico óseo. Desde un análisis de este tipo se ha llegado a intentar reconstrucciones morfológicas de tejidos blandos faciales por parte de algunos autores, como Cesarani et al (Cesarani et al. 2003, 2004), Hoffman et al (Hoffman y Hudgins. 2002) o Gardner et al (Gardner et al. 2004).

Sin embargo, en los últimos años, el método ha sido aplicado también como un método de diagnóstico en sí mismo, más allá de las aplicaciones en el campo de la confirmación de las series osteológicas. Así, desde que en 1997 Kreitner et al publicasen su primer estudio sobre

las fases de maduración epifisaria de la extremidad proximal de la clavícula en sujetos vivos (Kreitner et al. 1997), no sólo otros autores han intentado confirmar la eficacia de sus resultados, sino que se ha abierto un debate sobre las condiciones óptimas de realización de la prueba con el fin de establecer un diagnóstico de edad directamente basado en la misma (Kreitner et al. 1998; Schmeling et al. 2004; Schulz et al. 2005; Schulze et al. 2005; Muhler et al 2006; Richel. 2006). El debate ha superado las fronteras de las publicaciones científicas y ha pasado a los tribunales de justicia, donde en distintos países, especialmente Holanda, se ha puesto en tela de juicio la validez y aplicabilidad de este método para el diagnóstico de edad en menores (Van Ree y Schulpen. 2001; Mali. 2004; Van Rijn y Robbens. 2004, 2005; Doorenbos. 2005).

Los estudios basados en densitometría ósea, de relativa utilidad en estudios de edad en sujetos adultos, también han sido planteados como medio de diagnóstico de edad en adolescentes, aunque aún no se dispone de series suficientemente amplias y contrastadas sobre la materia para su uso con garantías en Antropología Física y Medicina Legal (Polanco et al. 2000; Solomon. 1979). La Cátedra de Medicina Legal de la Universidad de Valencia mantiene una línea de investigación en este sentido y será interesante en un futuro valorar la eficacia obtenida por este grupo de estudio en este área (Gisbert. 2003).

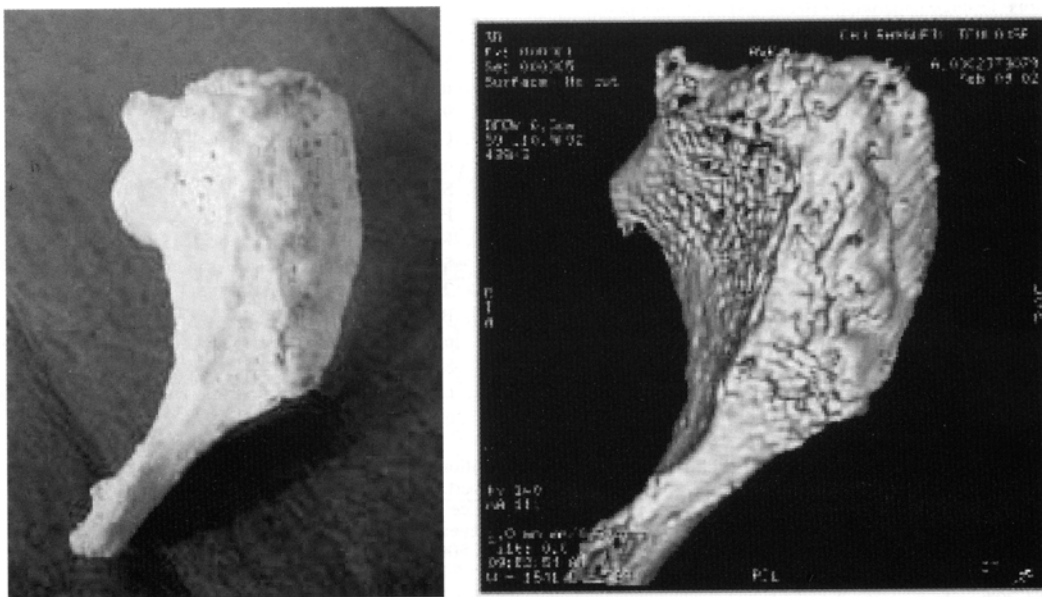


Figura 14. Comparación entre muestra osteológica y TAC 3D de pubis. Fase VI de Suchey y Brooks en una mujer de 93 años (Telmon et al. 2005).

1.4. Usos de la Radiología como instrumento de identificación humana en Antropología Física y Medicina Forense:

En la actualidad, las técnicas de identificación de restos humanos se han beneficiado de la rápida evolución de las técnicas de análisis de polimorfismos del ADN (Martínez. 1999; García. 1999). No obstante, especialmente en el caso de los restos óseos antiguos las técnicas del ADN mitocondrial, a menudo las únicas practicables, pueden beneficiarse de la aplicación de otros medios de identificación. En este sentido, las técnicas de identificación radiológica pueden jugar un papel complementario sustancial. Desde que las técnicas de comparación de radiografías dentales se empezaron a usar en el campo de la antropología forense su uso se ha generalizado como un medio complementario de identificación altamente resolutivo. La variedad de aspectos morfológicos de la dentición humana, sus anomalías fácilmente registrables mediante inspección bucal y radiografías periapicales u ortopantomografías dentales (OPG) o la existencia de pérdidas de piezas dentales o indicios de formas específicas de tratamientos estomatológicos hacen de estas técnicas de identificación un instrumento altamente variable y útil para una identificación de gran precisión, tanto en el caso de sujetos con dentición permanente como mixta (Wood et al. 1999).

Sin embargo, en la literatura científica las técnicas de identificación mediante comparación de radiografías de diversas regiones anatómicas precedieron históricamente a las técnicas indicadas de análisis de polimorfismos del ADN nuclear o a las del ADN mitocondrial o, sorprendentemente, a las técnicas de comparación radiológica dental (Sophier. 1972), pese a que existen referencias del uso de la odontología con fines identificativos desde la antigüedad y a que constan sus usos con tales fines en tribunales de Justicia al menos desde 1850 en EEUU (Blenkin MRB. 2006).

Fue Schüller en 1915, según Fitzpatrick et al (Fitzpatrick et al. 1996), o en 1921 (Schüller. 1921), según Angyal M y Dérczy K (Anguila y Dérczy. 1998) o Culbert y Law (Culbert y Law. 1927), quien sugirió por primera vez que la radiografía podía ser utilizada como un método de identificación de restos humanos dada la variabilidad de hallazgos individualizadores comparables y su consistencia con el tiempo. Este autor utilizó los senos frontales como elemento identificador al menos desde 1921.

En la literatura anglosajona, se cita como primeros autores en publicar un estudio de identificación basada en comparaciones de radiografías ante y postmortem de un sujeto a los Drs. Culbert y Law en 1926 (Culbert y Law. 1926, 1927; Law. 1934). Estos autores basaron su estudio de identificación en el aspecto morfológico general y la similitud entre las radiografías ante y postmortem de los senos paranasales y la mastoides. Los autores compararon los estudios de una radiografía frontal de cráneo realizada en 1918 del posible sujeto fallecido en India y de una radiografía tomada de los restos cadavéricos en 1926, 261 días después de su

fallecimiento. En su análisis identificaron hasta 20 parámetros coincidentes que usaron para la identificación del cadáver.

En 1944, Dutra utilizó radiografías ante y postmortem como medio de identificación de los restos carbonizados de un cadáver. Específicamente, utilizó radiografías del fémur ya que había sospechas de que el sujeto fuese un desaparecido que había presentado una fractura de fémur que curó y con motivo de la cual se le practicó una radiografía del mismo. El estudio de Dutra permitió identificar el callo de fractura (Dutra. 1944).

En 1946, Scott incidió sobre la utilidad de las radiografías antemortem como medio de identificación si en las mismas se pudiesen observar fracturas. No obstante, además, indicaba que otros rasgos de la anatomía general de los sujetos, tanto patológicos como meras variantes de normalidad, podían colaborar a este mismo fin (Scott. 1946).

El primer estudio sobre la aplicación de esta técnica de identificación en varios sujetos a un tiempo fue presentado en 1951 por Singleton AC (Singleton. 1951). Este autor presenta los resultados de la actuación de un equipo multidisciplinar con motivo del desastre del "Noronic" en 1949. Se trató de un accidente de un barco, el Noronic, que se hundió en los Grandes Lagos frente a la orilla de Canadá. En el mismo fallecieron 119 personas, 41 hombres y 78 mujeres. Para realizar los estudios radiográficos se pudo disponer de dos equipos portátiles de radiología que se utilizaron para identificar a las víctimas. Mediante este medio pudo identificarse a 78 restos humanos, habiéndose utilizado en 15 casos huellas dactilares.

Singleton utilizó como elementos individualizadores aspectos como fracturas antiguas, algunas peculiaridades anatómicas y anomalías congénitas. En particular, como ejemplos presenta 6 casos:

- Una identificación por radiografías de pelvis y columna lumbar hechas en 1936
- Una radiografía de columna cervical y de base craneal realizada en el mismo 1949
- Una radiografía de un pie
- Una radiografía de tórax PA. En ella apunta el hecho de se tomaron como elementos individualizadores múltiples elementos localizados en costillas, clavículas y columnas cervical y dorsal.
- Una radiografía cervical en la que un proceso transversal de la 7ª vértebra cervical se consideró identificador.
- Una radiografía de columna vertebral en la que se apreciaba una acusada escoliosis dorsal.

El siguiente gran estudio sobre el uso de la radiología con fines identificativos lo presentó Greulich WW en 1960 sobre la región de la mano (Greulich. 1960a). Hasta ese momento, las

ocasiones en las que se había usado este método lo había sido de forma grosera y basada en una comparación no sistemática y global de rasgos morfológicos generales, asumiendo a priori su invariabilidad con el paso del tiempo y su especificidad. Sin embargo, el trabajo de Greulich propone una metodología “científica” para su uso con fines identificativos, al proponer no sólo una sistemática de análisis centrado en la región de muñeca y mano, sino, además, al someter a control previo sobre series amplias las pruebas de la consistencia de los rasgos analizados.

Greulich propuso que en la mano, serían elementos que debían analizarse con fines identificativos:

- Morfología y tamaño de las estiloides de los huesos cúbito y radio
- Morfología de los huesos del carpo
- Morfología de los metacarpianos y de las líneas blancas situadas en la región de las cabezas de los metacarpianos
- Morfología y proporciones entre sí de las falanges de los dedos
- Detalles de las líneas trabeculares finas que se localizan en los huesos largos, especialmente falanges medias y proximales.

Como pruebas de su especificidad, presenta los resultados de un estudio que realizó sobre 70 pares de radiografías del carpo de gemelos. En 40 de los pares, las características generales de estos fueron muy similares, pero aún en esos casos existieron siempre elementos diferenciadores que resultaron específicos. Unos años antes, Vastine et al habían realizado un estudio similar en costillas llegando a conclusiones análogas (Vastine et al. 1948).

Al tiempo, también señala que en otra serie que estudió de 500 pares de radiografías del carpo derechas e izquierdas pudo comprobar como las características generales de tamaño y forma eran muy similares entre sí. De ello, deduce que la disponibilidad de una radiografía de una mano puede ser útil para la identificación en la otra mano.

Finalmente, en otro estudio del mismo año (Greulich. 1960b), Greulich indicó que tras haber estudiado varios cientos de radiografías de la mano repetidas en sujetos a lo largo de la vida, había podido observar que los rasgos individualizadores tendían a permanecer estables a lo largo de los años, aunque no presenta datos específicos de este grado de permanencia.

También en la literatura médica se encuentran estudios en los que se han utilizado huesos individuales como elementos de identificación. Así, en 1972, Sanders et al presentaron un estudio en el que por medio de la comparación con las imágenes de una radiografía de tórax PA se pudo orientar la identidad de un fallecido en un accidente de tráfico basándose en la morfología de una clavícula (Sanders et al. 1972).

Para fundamentar su método, Sanders et al analizaron una muestra de 100 radiografías de tórax PA seleccionadas al azar y en ellas estudiaron la capacidad de dar valoraciones específicas de identidad basándose en el aspecto de la región proximal de la clavícula. Los parámetros estudiados fueron:

- Configuración general de la epífisis
- Grosor cortical en varias zonas de la misma
- Patrón trabecular
- Presencia de osteofitos en el margen articular

En 1974, según cita Atkins en 1978 (Atkins y Potsaid. 1978), un radiólogo que tuvo que actuar en un juicio ante una Corte de los EEUU identificó a un sujeto basándose en unas radiografías de un hombro (Commonwealth vs Devlin, 365 Mass 149, 1974). Para sustentar la validez de su pericia, el radiólogo indicó que había estudiado una serie de 100 radiografías al azar y había podido realizar la identificación de un sujeto con una precisión plena basándose en los mismos hallazgos del caso sobre el que peritaba.

En 1977, Martel et al analizaron también radiografías de tórax PA y presentan un caso práctico de identificación basada en la morfología de clavículas y costillas (Martel et al. 1977). Para sustentar su método, hicieron un estudio sobre 50 radiografías de tórax obtenidas al azar de 25 hombres y 25 mujeres, comparándolas con otras 8 que se habían realizado repetidas en otros momentos a 8 de los sujetos, 5 hombres y 3 mujeres. Una novena radiografía de un varón fue introducida repetida como control. Los intervalos de tiempo entre la realización de las 8 radiografías repetidas a los sujetos osciló entre 1 y 8 años. La muestra de 59 radiografías fue analizada por dos observadores que identificaron con una eficacia del 100% (9/9) las radiografías correspondientes a los mismos sujetos. No obstante, en su análisis no elaboraron ninguna sistemática de estudio, realizando sus comparaciones de forma global.

En 1978, Atkins y Potsaid presentaron un caso de un sujeto hallado esqueletizado en la bahía de Boston (Atkins y Potsaid. 1978). En aquel caso, primero fue hallado un cráneo sin mandíbula y con una sola pieza molar y, unos días después, una mano derecha incompleta y otros restos óseos. Existía la sospecha de que fuese una persona desaparecida que unos meses antes de su desaparición había sufrido un accidente de tráfico. Con motivo de este accidente se le practicaron radiografías de cráneo, que fueron normales, y una de la mano derecha en la que se encontró una fractura en el 5º metacarpiano. En el estudio radiológico practicado a los restos óseos, se pudo confirmar la coincidencia de:

- Morfología general de los septos de los senos paranasales frontales
- Patrón trabecular y línea de fractura en el 5º metacarpiano, el único que restaba en la mano derecha del fallecido.

En 1988 y 1989, Sauer y Brantley publicaron dos estudios sobre la consistencia con la edad de los hallazgos utilizados en radiografías para la identificación de restos humanos (Sauer y Brantley. 1988, 1989). En su primer estudio, analizan radiografías abdominales de 4 mujeres y 1 hombre realizadas repetidamente a lo largo de un periodo de 10 a 25 años. En ellos comprueban que algunos aspectos radiológicos específicos no cambian sustancialmente con la edad (apófisis espinosas y transversas, pedículos, márgenes generales del cuerpo vertebral), otros pueden variar con la edad o mantenerse estables (altura de los espacios intervertebrales) y otros cambian con la edad sufriendo siempre una progresión y no regresión (osteofitos).

En su segundo estudio, analizaron en sujetos varias radiografías de rodillas, hombros, cadera y mano a lo largo de un periodo de 2 a 11 años y confirman la consistencia del patrón de arquitectura trabecular en todos ellos con la edad. Llegan a sugerir, como antes hizo Greulich, que este patrón trabecular podría llegar a mantenerse estable hasta durante periodos de 30 años (Greulich. 1960a, 1960b).

Con la llegada de los años noventa del siglo XX se asiste a un mayor refinamiento en la intención metodológica de los estudios de identidad basados en radiografías ante y postmortem. Los diagnósticos no sólo se basan en la existencia de datos de coincidencia entre radiografías, sino también en la exigencia de ausencia de datos de exclusión.

Jensen en 1991 presentó un estudio en el que establece la identidad de un sujeto varón de 64 años al comparar unos restos óseos con una radiografía de columna lumbar (Jensen. 1991). Para ello, establece la identidad en la coincidencia de 14 anomalías (enfermedad de Scheuermann) y en la ausencia de ningún dato anómalo excluyente. Owsley en 1992, de forma análoga identifica unos restos óseos mediante una radiografía de columna lumbar al localizar 10 rasgos coincidentes y ningún rasgo excluyente (Owsley y Mann. 1992). Rougé en 1993 incide acertadamente sobre el hecho de que para que un cierto rasgo pueda tener un valor identificativo es necesario considerar la frecuencia de este rasgo en la población general. Por ello, concluye, algunos rasgos anómalos o patológicos pueden tener un alto poder identificativo y otros, en cambio, muy bajo (Rougé et al. 1993).

En 1993, Kahana et al iniciaron el estudio sistemático de la consistencia de los datos de patrón de arquitectura trabecular como hallazgos identificativos (Kahanna y Hiss. 1994). El primer estudio de esta autora indica que tras realizar diversas radiografías en distintas condiciones de exposición radiográfica (dosis de radiación, tiempo de exposición, ángulo de incidencia, etc) las similitudes del patrón trabecular en el mismo hueso son mayores entre sí que las que tiene con otros huesos en relación con su patrón de arquitectura trabecular.

El año 1993 en EEUU supone un cambio radical en la perspectiva de las publicaciones posteriores en el campo de la radiología aplicada a la Antropología Física. En este año se emite la famosa sentencia Daubert que da lugar a las llamadas guías Daubert que establecen una nueva forma de definir la validez pericial ante los tribunales de justicia de las pruebas periciales médicas (Bohan y Heels. 1995; Christiansen. 2004). Hasta ese momento las reglas federales de evidencia estaban inspiradas en las llamadas guías Frye (Frye vs United States, 54 App.D.C.46, 293 F. 1013. 1923). Estas guías indicaban que para que una prueba pericial fuese aceptada por los tribunales, la misma tenía que estar basada en “principios o descubrimientos bien reconocidos” y que el método debía estar “suficientemente establecido como para haber ganado la aceptación general en el campo específico de estudio al que se refiere”. En los años setentas, sin embargo, las reglas federales de evidencia empezaron a ampliar estas guías. Así, en 1975 ya indicaban que la pericia debía ser realizada por una persona “experta en el área de conocimiento” y debía tener unos adecuados “conocimientos, habilidades, experiencia, entrenamiento o educación en el área en la que debía prestar testimonio” (Federal Rules of Evidence.1975;2000).

La sentencia Daubert, en cambio, introduce un giro sustancial en las condiciones que se consideran exigibles para que una pericia pueda ser aceptada como prueba ante un Tribunal de Justicia en EEUU (Daubert vs Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc., 509 U.S. 579 (1993)). Las reglas federales de evidencia en 2000 se suman al contenido de esta sentencia. Las guías definidas por ambas son:

- El contenido de la pericia debe haber sido comprobado mediante el método científico
- La técnica debe haber sido comprobada mediante una revisión entre pares (peer review), idealmente mediante su publicación en una publicación o revista científica sometida a sistemas de aceptación de artículos basados en el sistema de revisión entre pares.
- Existen unos estándares profesionales definidos sobre la consistencia y fiabilidad de los métodos y están definidas las posibles o ciertas tasas de error de estos métodos.
- El método es aceptado por la generalidad de la comunidad científica relevante en la materia.

Estas reglas cambian la forma de abordar las publicaciones científicas sobre esta materia y se empieza a considerar necesario comprobar científicamente aspectos de consistencia y fiabilidad de los métodos hasta entonces obviados por la literatura científica.

Así, Hogge et al en 1994 publican un estudio de confirmación de los métodos de identificación analizando la necesidad del conocimiento especializado para ello (Hogge et al. 1994). Para ello, en 10 sujetos de autopsias realizan radiografías de distintas regiones anatómicas (cráneo frontal y lateral, cervical AP, tórax PA, pelvis, pie lateral, pierna AP y mano AP). Por cada placa,

incluyen una muestra de 4 radiografías similares en características generales e incluyen una placa repetida del cadáver. El objetivo del estudio era confirmar si era posible identificar la radiografía repetida por sus rasgos anatómicos.

Como observadores incluyeron tres grupos de observadores:

- Grupo I: estudiantes de instituto
- Grupo II: estudiantes de 4º año de Medicina
- Grupo III: residentes en formación en Radiología

Los resultados se incluyen en las tablas 5 y 6.

	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Cráneo AP	100	100	95
Cráneo Lateral	93	100	100
Cervical AP	93	100	100
Pelvis	71	95	95
Pie lateral	79	95	84
Mano PA	79	95	100
Pierna AP	50	45	79
Tórax PA masculino	86	90	95
Tórax PA femenino	100	95	100

Tabla 5. Porcentaje de aciertos en la identificación por cada grupo de radiografías en la serie de Hogge et al (1994)

Grupo I	Grupo II	Grupo III
Tratamiento dental	Forma del seno frontal	Islotes óseos
Morfología general de:	Forma de la silla turca	Forma de senos y celdillas
Clavícula	Suturas craneales	etmoidales
Costillas	Calcificación en seno maxilar	Osteofitos
Espinosas	Degeneración articular	Huesos sesamoideos
Sacro	Calcificación de tejidos blandos	Patrón trabecular
Calcáneo		Granulomas
Forma del corazón		Surcos vasculares

Tabla 6. Rasgos radiográficos identificados por los observadores en la serie de Hogge et al (1994)

Valenzuela, de la Universidad de Granada, en 1995 envía un estudio que se publica en 1997 sobre la identificación de unos restos óseos de un varón de 60 a 70 años a partir de un estudio osteológico general y una posterior comparación de una radiografía de abdomen en la que identifica 5 parámetros específicos identificativos en columna lumbar en vista antero-posterior (Valenzuela. 1997).

En 1996 y 1997, se publicaron sendos trabajos sobre el uso de la radiografía como medio de identificación en casos de fallecimientos colectivos por desastres. Comparando los resultados con la serie de 1949 de Singleton sobre el desastre del Noronic se puede apreciar que, por el advenimiento de nuevas técnicas de laboratorio, el número de casos en los que es necesario identificar a sujetos sobre la base de estas técnicas ha disminuido, pero que, a pesar de ello, sigue siendo un instrumento útil en ciertas circunstancias.

En 1996, como se ha apuntado, Nye et al publicaron la experiencia sobre una bomba en Oklahoma en 1995 que produjo 168 fallecidos (Nye et al. 1996). De ellos, en 6 casos los métodos radiográficos fueron esenciales para orientar la identificación de los fallecidos.

En 1997, nuevamente Kahana et al publicaron su experiencia en el caso de una bomba colocada en una empresa israelí en Buenos Aires (Kahana et al. 1997). En este caso hubo 91 fallecidos. Tras las investigaciones iniciales, 7 sujetos no pudieron ser identificados por medios ordinarios (ropas, documentos, huellas dactilares) y en un caso los rasgos de una radiografía de columna dorso-lumbar lateral ayudaron a definir la identidad de un fragmento corporal de un torso. En este caso, los autores hallaron 9 rasgos coincidentes y ningún rasgo específico no coincidente. Los autores recomiendan que el método sea tomado, en cualquier caso, con precaución y que se complementen siempre los resultados con estudios de polimorfismos de ADN para su plena confirmación.

En 1998, Mann analizó la reproducibilidad de los estudios de identidad basados en el patrón de arquitectura trabecular de los huesos largos ya propuesto por autores anteriores (Mann. 1998). Dos observadores analizan 42 fémures y 38 tibias e identifican en cada hueso un mínimo de 30 rasgos trabeculares que consideran significativos para la identificación. Los elementos más comúnmente descritos fueron:

- Foramen vascular en la cara anterior del fémur distal
- Fosa radiolúcida en la region intercondílea
- Líneas trabeculares incompletas transversas al eje diafisario
- Líneas radiodensas que remedan formas en "V", "H" o "S"
- Líneas radiodensas múltiples y paralelas al eje diafisario

La conclusión del estudio fue que, si bien los dos observadores no identificaron como significativos los mismos rasgos, la mayoría de ellos fueron coincidentes. Por otra parte, pudieron comprobar que tanto en tibias como en fémures y en ambos observadores, no se repitieron en ningún caso los mismos perfiles de rasgos.

En 1998 Angyal y Dérczy presentaron un estudio sobre identificación mediante métodos radiográficos en 3 casos de muertes con gran deformación y en los que los métodos

bioquímicos son complejos (Anguila y Dérczy. 1998). En dos casos de putrefacción avanzada usaron una radiografía de cráneo AP y una de abdomen y de hombro derecho. El tercero fue un carbonizado, identificado con una radiografía de pelvis.

En 1998, Kahana incidió nuevamente sobre la arquitectura trabecular y su consistencia con la edad (Kahana. 1998). Para ello, analiza 305 radiografías de mano realizadas a 103 mujeres postmenopáusicas, con un media de edad de 66.7 años. Las radiografías repetidas se analizaron mediante densitometría y pudo comprobarse, pese a que era previsible su cambio con la edad, que no se observaban cambios sustanciales en la arquitectura trabecular con la edad en este grupo de población.

Warren et al en 1999 propusieron una aplicación algo distinta de los métodos tradicionales de estudio radiológico de la osificación destinado a la identidad. Presentan su experiencia en un caso de un accidente aéreo. En este tipo de accidentes, los fallecimientos se suelen acompañar de graves desmembraciones de los cuerpos. En este caso, los autores intentaron agrupar los restos de 10 menores que viajaban en el avión mediante la valoración de las edades óseas correlativas en los distintos segmentos anatómicos. Para ello, usaron los estándares de los atlas de Greulich y Pyle para la mano, atlas de Pyle y Hoerr para la rodilla y atlas de Hoerr et al para el pie. Para el resto de huesos se usaron medidas osteológicas clásicas, como la longitud del húmero para su correlación con la talla. De este modo, consiguieron relacionar entre sí los restos anatómicos y avanzar la identificación de los restos de los menores (Warren et al. 1999).

En el año 2002, Kahana et al abordaron un intento de sistematización de los distintos rasgos útiles para la identificación mediante métodos radiográficos en la columna vertebral (Kahana et al. 2002). Así, definen cuatro categorías de rasgos y valoran su utilidad relativa:

- Cambios degenerativos (que pueden evolucionar con la edad):
 - o Osteofitos, que pueden incluso ser resecados en intervenciones quirúrgicas (p.ej., en caso de osteofitos que invadan el canal medular o los canales radiculares)
 - o Discos herniados (que igualmente pueden ser resecados)
 - o Artrodesis espontánea y quirúrgica
 - o Trabeculación (no la consideran útil en esta región anatómica dado que especialmente en mujeres postmenopáusicas o en casos de encamamiento la arquitectura trabecular puede modificarse sustancialmente)
- Rasgos de curación de traumatismos: Incide sobre el hecho de que las fracturas vertebrales, si no se acompañan de desplazamientos de fragmentos y especialmente en la infancia, pueden recuperarse o curarse hasta el extremo de hacer irreconocible su presencia.

- Malformaciones congénitas: muy útiles, en función de su frecuencia relativa en la población general
 - o Fusión vertebral incompleta o espina bífida
 - o Hemivértebras dorsales o laterales
 - o Fusiones vertebrales, especialmente el Síndrome de Klippel Fiel
 - o Fenómenos de sacralización y lumbarización
 - o Escoliosis y cifosis (recuerda que pueden ser difíciles de observar en los fallecidos por las condiciones anatómicas en caso de curvas no estructuradas y no asociadas a otras alteraciones)
- Patologías diversas: Tumores, espondilitis anquilopoyética, espondilitis postinfecciosa, etc.

Kuehn et al en 2002 analizaron nuevamente la validez de las radiografías de tórax PA en casos de identificación (Kuehn et al. 2002). Consideran que, dado que este tipo de estudios son algunos de los más frecuentes en la práctica clínica, llegando a conformar en algunas series el 40 % de los estudios radiográficos practicados, los consideran candidatos ideales para los casos de necesidad de identificación.

Para ello, estudiaron 30 pares de radiografías ante y postmortem coincidentes entre sí y otros 12 pares no coincidentes. La edad media de la muestra era de 55,18 años con un rango de 12 a 87 años. Las placas fueron estudiadas por un patólogo forense, un antropólogo forense y dos radiólogos.

El porcentaje de aciertos en cada especialista fue distinto. Así, el patólogo tenía un porcentaje de asignación correcta del 73 %, el antropólogo del 92 % y los radiólogos del 80 %. El hecho de que la asignación no fuese del 100 %, como en series previas, lo atribuyeron a las condiciones particulares del estudio, en el que se incluyeron tanto pares coincidentes como no coincidentes de placas, como hubiese sucedido en una situación real. Las series previas sólo habían incluido pares coincidentes.

Otra peculiaridad del estudio es la de que propone una clasificación del grado de certeza en la coincidencia de resultados que puede ser útil como aproximación a una cuantificación del grado de certeza o error de la prueba, en la línea de lo exigido por las guías Daubert (tabla 7).

En 2002 Adams presentó un estudio de revisión de una identificación errónea de unos restos óseos de la guerra de Vietnam (Adams y Maves. 2002). Los restos óseos erróneamente identificados correspondían con el año 1967. El análisis practicado en el año 2000 se sustentó en una análisis de ADN mitocondrial que era positivo para el nuevo supuesto sujeto desaparecido. El análisis osteológico era compatible con la edad y sexo del desaparecido. Se carecía de ficha dental, por lo que tuvo que usarse una placa de tórax PA del sujeto. La imagen se digitalizó y se trató por superposición con una radiografía de la clavícula del fallecido, que

previo tratamiento de orientación y dimensiones con el software de tratamiento de imagen digital Adobe® Photoshop permitió a los autores confirmar la identidad por coincidencia morfológica.

Certeza:	Varios puntos de coincidencias significativas Ausencia de no coincidencias significativas Buena calidad de imagen
Probabilidad:	Buena correspondencia entre las imágenes generales Pocos rasgos de coincidencia Poca calidad de la imagen
Posibilidad:	Ausencia de puntos de coincidencia Ausencia de no coincidencias Poca calidad de la imagen
No coincidencia:	Ausencia de puntos coincidentes Puntos de no coincidencia Calidad de la imagen muy pobre

Tabla 7. Niveles de confianza teórica de los resultados de coincidencia entre radiografías ante y postmortem propuestos por Kuehn et al (2002)

De nuevo en una serie amplia de restos óseos estudiados en muertes colectivas, en este caso en la Guerra de Kosovo, Djuric en el año 2004 publicó los resultados de su estudio (Djuric. 2004). En este caso, el autor realiza un estudio osteológico de los restos que ponen en duda la validez de algunos métodos de diagnóstico de edad y sexo clásicos al observarse en la población albano-kosovar marcadas diferencias. En su investigación, el autor aprovechó las técnicas radiográficas para intentar algunas identificaciones por comparación ante y postmortem. Los casos ilustrativos se refieren a un caso de radiografía de columna en la que se encuentran hallazgos compatibles con lesiones múltiples por espondilitis anquilopoyética; otro caso en el que un callo de fractura en una costilla se relaciona en morfología y localización con una fractura en una radiografía de tórax; y en el tercer caso, un sujeto que había sufrido un accidente de tráfico con graves lesiones en cráneo y extremidades y que, según los familiares, había presentado graves secuelas en una pierna (osteomielitis) se relacionan con hallazgos en radiografías antemortem de fracturas antiguas de arco zigomático y cráneo, exostosis en fémur, signos artrósicos generales en extremidades y una incurvación en tibia y datos compatibles con osteomielitis crónica (engrosamiento cortical, secuestro) en la misma tibia.

En 2005, Koot et al presentaron un estudio de validación del estudio del carpo con el fin de su uso en identificación de restos humanos. Explícitamente, en su estudio aluden a la necesidad

de ajustar esta metodología a las guía Daubert (Daubert vs Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc., 509 U.S. 579 (1993)). El estudio se realiza sobre una muestra de 40 manos de cadáveres; de ellos 10 son esquelizados y sus partes unidas por técnicas específicas. El estudio es realizado por 12 observadores: 1 patólogo forense, 5 antropólogos forenses en formación y 6 antropólogos forenses titulados (Koot et al. 2005). Los indicadores de acierto se resumen en la tabla 8.

	Nº	Sensibilidad	Especificidad	Precisión	Nº errores
Antropólogo Titulado	6	100 %	100 %	100 %	0
Antropólogo en formación	5	93 %	80 %	92 %	4
Patólogo Forense	1	78 %	100 %	80 %	2
Total	12	95 %	92 %	95 %	6

Tabla 8. Indicadores de acierto en las correlaciones entre radiografías en fresco y esquelizadas en la serie de Koot et al (2005)

Los parámetros descritos por los distintos observadores como significativos en la identificación fueron, por orden de frecuencia:

- Morfología ósea
- Patrón trabecular
- Relación de imágenes de radiolucencia y radiopacidad
- Cambios degenerativos articulares
- Morfología de la cavidad medular de huesos largos
- Tamaño de los huesos
- Callos de fractura

Finalmente, en la misma línea de trabajos anteriores del autor principal, Cameriere et al en 2005 (Cameriere et al. 2005) presentan un estudio en el que sobre un muestra de 41 radiografías craneales frontales de mujeres y 57 de hombres entre 17 y 98 años de edad intentan redefinir los criterios de Yoshino et al para la catalogación de los senos paranasales frontales (Yoshino et al. 1987). Los senos frontales habían sido utilizados ya desde los primeros trabajos de Culbert y Law para la identificación y el trabajo de Yoshino había sido uno de los primeros en definir un sistema de codificación de las observaciones que colaborase a definir unos criterios normalizados de estimación de las diferencias morfológicas identificativas. Cameriere et al definen una nueva medida de la asimetría de área de los senos frontales basada en un cálculo no de las áreas totales, sino de las razones del área de cada seno lateral con el área de la órbita. Para las mediciones y cálculos realizan digitalizaciones de las radiografías y las analizan con el programa de tratamiento de imágenes digitales Adobe®

Photohop 7.0. Este trabajo ejemplariza las nuevas aplicaciones que las técnicas de tratamiento computerizado de la imagen digital permiten para las aplicaciones de la radiología digital en Antropología Física y Forense.

1.5. Radiología Digital:

La radiología digital ha sido considerada por algunos autores no sólo una revolución dentro del campo de la radiología convencional, sino en sí misma casi un método de diagnóstico nuevo dadas sus diferencias con la radiología convencional de placa (Schmitt y Lehmann. 2004).

La radiología digital describe, como concepto, una técnica para la obtención, edición y presentación de imágenes radiográficas con la ayuda de la tecnología de las computadoras. Desde su desarrollo en los años 70 del siglo XX, la radiología digital ha llegado a constituir un instrumento diagnóstico particular. Por sus características, las imágenes obtenidas pueden utilizarse directamente en un sistema informatizado para realizar maniobras de procesamiento de imagen que pueden modificar la información visual y permitir así la visualización de estructuras no evidentes en una primera aproximación. Su formato digital, además, facilita las maniobras de automatización de diagnóstico al poder ser directamente manipulables por sistemas informatizados. La capacidad de modificar su tamaño sin afectar a la imagen original, puede facilitar su uso en maniobras de superposición, como las utilizadas en identificación ósea.

Una imagen radiológica convencional en placa consiste en una disposición de gránulos de plata en una emulsión fotográfica. La densidad de los granos de plata depende de la intensidad de los rayos X que contactan con la placa. Estas diferencias de concentración de gránulos de plata son percibidas por el ojo humano en sistema de iluminación mediante negatoscopios como niveles distintos de gris. En la radiografía digital, en cambio, un sistema de sensores microscópicos se halla distribuido de forma regular formando una malla por el remedo de placa. Estos sensores son capaces de reaccionar a la radiación por distintos niveles de intensidad e informan de dicha intensidad, transformándola en cada sensor individual en distintos niveles de gris (Van der Stelt. 2000).

Una imagen digital es, en última instancia, el producto de una transformación de la información analógica obtenida mediante un sistema radiológico directo a una secuencia digital interpretable por un sistema computerizado en la que los valores continuos de radiación recibida por los sensores (analógicos) se transforman en valores discretos (digitales). Es esta su virtud y a un tiempo su mayor limitación. La densidad de los sensores en la superficie de exposición y la capacidad de estos de reaccionar ante distintos niveles de radiación da una mayor o menor resolución a la información obtenida que ha de ser procesada mediante un sistema informático. Habitualmente, los sensores de radiación pueden reaccionar con niveles de intensidad que oscilan entre un valor máximo y mínimo que, digitalmente, se transforma en 256 posibles valores; el 0 indica el negro absoluto y 255 el blanco, variando los tonos de gris entre ambos.

Los sensores electrónicos que sirven de base al método se denominan pixels (abreviatura del inglés "picture elements"). La definición de imágenes mediante su reducción a píxeles no es una forma nueva de representar imágenes, ya que fue previamente utilizada por la escuela puntillista de pintura francesa durante el siglo XIX.

Existen distintas formas de obtener imágenes digitales:

- Radiografías convencionales en placa digitalizadas utilizando un scanner plano y un adaptador de transparencias.
- Radiografías convencionales en placa digitalizadas mediante el uso de una cámara digital.
- Imagen digital semidirecta adquirida utilizando planchas de fósforo estimulable.
- Imagen digital directa adquirida utilizando un dispositivo de carga acoplada, un semiconductor de óxido metálico complementario u otro dispositivo electrónico.

En los dos primeros casos, es necesario disponer de una radiografía en placa obtenida por medios convencionales y adquirir la imagen mediante cualquiera de ambos medios. En ambos casos, el límite de resolución de la imagen dependerá de las características con las que se use el sistema de registro. En el caso de los escáneres, las resoluciones hasta 900 dpi (dots per inch o puntos por pulgada o 2,54 cms) son suficientes para el fin de obtener una imagen digital con suficiente resolución; más allá de estos valores, la calidad no aumenta ya que se empiezan a visualizar los granos de plata individuales de la placa (Van der Stelt. 2000).

Los otros dos medios de obtención de imágenes digitales no precisan la obtención previa de una imagen radiográfica convencional en placa, aunque, por el contrario, exigen la utilización de aparatos específicos para este fin.

Las placas obtenidas de planchas de fósforo estimulable parten de la capacidad de estas planchas de conservar una imagen latente durante algún tiempo tras la exposición de los cristales de fósforo estimulados por los fotones de la radiación X. En estos aparatos, tras la exposición, un haz de luz láser barre la placa con la imagen latente, recuperando los electrones su nivel de energía original y emitiendo energía en forma de luz que es captada por un dispositivo fotomultiplicador. Este dispositivo transforma la luz recibida en una señal que es convertida en valores de píxeles y puede ser reconstruida en una imagen completa por un sistema computerizado.

En el último método, la intensidad de radiación X recibida es medida directamente por un dispositivo electrónico formado por una red de elementos fotosensibles. Estos se hallan acoplados a una capa de centelleo que aumenta la eficiencia de la detección al convertir los

fotones de radiación X en fotones de luz. La información recibida por cada uno de estos elementos fotosensibles conforma un píxel y es transmitida a un sistema informático para su reconstrucción en imagen. Existen dos grandes modalidades de este último método: la tecnología CCD y la CMOS. Ambas no difieren sustancialmente en su fundamento técnico aunque son distintas en cuanto a la arquitectura de sus chips. La tecnología CCD ha sido adaptada a las cámaras digitales fotográficas comerciales y ello ha permitido su abaratamiento de producción y ha propiciado la mejora de las mismas. No obstante, aún hoy en día los sensores CCD tienen unos rangos de tiempos de exposición útil muy estrechos, dando lugar fácilmente a sobrexposiciones en las imágenes que no son fácilmente modificables y pueden exigir repetir la prueba. Tradicionalmente, la tecnología CMOS había sido superior a la CCD, pero en los últimos tiempos ambas son comparables en cuanto a su eficacia y resolución (Van der Stelt. 2005).

Las características de la imagen obtenida mediante cualquiera de los métodos citados de digitalización, deben ser suficientes para proporcionar una imagen diagnóstica suficiente en cuanto a su resolución y los niveles de gris que informan. El ojo humano es capaz de discernir 35 y 100 niveles de gris y la mayor parte de los sistemas actuales son capaces de reproducir hasta 256 niveles (8 bits por píxel) (Schmitt y Lehmann. 2004; Van der Stelt. 2000; Du Chesne. 1998).

En la obtención de la imagen, se suele realizar un muestreo previo de los resultados de los sensores con resoluciones de hasta 10 y 12 bits (1024 a 4096 niveles de gris). Los algoritmos de compresión de la información digital reducen estos niveles posteriormente hasta los 256 tonos de gris habitualmente utilizados. Esta maniobra tiene como finalidad permitir que los casos de sobre o infraexposición a los rayos X durante la obtención de la imagen no obliguen necesariamente a repetir las exposiciones al ser posible desplazar los niveles de gris finales a valores superiores o inferiores a los ideales.

El tamaño de los píxeles varía con el sistema de obtención de imagen. En las placas de fósforo estimulable, el tamaño de los mismos ronda los 60 a 70 μm ; en las placas de sistemas sólidos el tamaño habitual se halla entre los 20 y 70 μm . La resolución final puede oscilar entre los 7 y 25 lp/mm o pares de líneas blancas y negras por milímetro.

Una de las principales ventajas de los sistemas de radiología digital directa y semidirecta se encuentra en la teórica disminución de la radiación necesaria para obtener las imágenes digitales. Se afirma que los niveles de radiación necesarios para la obtención de una radiografía digital son un 50 a 70 % inferiores que los necesarios para la obtención de radiografías convencionales (Schmitt y Lehmann. 2004). Esta afirmación es especialmente cierta en los sistemas de fósforo estimulable, que tienen un rango de exposición amplio, siendo raros los fenómenos de sobre o infraexposición. Sin embargo, los sistemas directos no tienen

un rango tan amplio de exposición útil y por ello pueden dar lugar a la necesidad de repetir las exposiciones ajustando sus tiempos y obligando a radiar nuevamente a los sujetos. Por ello, tal vez no sea absolutamente cierto que los niveles de radiación a los que se expone al sujeto en cada radiografía digital sean claramente menores que en la radiología convencional, pero lo que sí es cierto es que la capacidad de modificar los niveles de gris en la imagen inicial (10 a 12 bits) permiten un uso más racional de las imágenes obtenidas y con ello de la radiación a la que se ha de someter al sujeto (Van der Stelt. 2000 y 2005).

La imagen digital, una vez obtenida, puede ser procesada en sistemas computerizados mediante programas de software específicos. Existen múltiples programas para realizar maniobras ampliación, rotación, obtención de imagen pseudoespecular, filtrado, transformaciones lineales y no lineales de histogramas (que permiten ver las zonas claras más oscuras y viceversa), manipulación del contraste y brillo, realización de mediciones y anotaciones, etc. Muchos de estos programas vienen integrados en los sistemas de digitalización de radiología y son desarrollados por los fabricantes, otros se incluyen en el conjunto de programas comerciales de tratamiento genérico de imagen digital (Adobe® Photoshop o Corel® Draw en entorno Windows®) y otros forman parte de las iniciativas de software libre (GIMP o Image J) (Mol. 2000).

Las imágenes digitales tienen una serie de características que definen su fidelidad:

- Resolución de la escala de grises
- Linealidad de su escala de grises
- Ausencia de distorsión
- Capacidad de resolución espacial
- Cociente ruido / señal

Cuando, por ejemplo, se trabaja con un sistema de procesamiento de imagen basado en el sistema operativo Windows® debe considerarse que de los 256 tonos de gris originales de la escala de 8 bits, 14 son utilizados por el sistema operativo para trabajos de sistema, por lo que la resolución real en este entorno es de 242 tonos de gris reales. Sin embargo, si las imágenes se almacenan en formatos específicos, como el TIFF los tonos de gris almacenables pueden aumentar hasta valores de 16 bits.

El cociente señal / ruido se refiere a la cantidad dentro de la imagen obtenida de auténtica señal frente al ruido de fondo, es decir, falsas señales debidas a fenómenos aleatorios del entorno que son falsamente interpretadas por el sistema como señales. En las placas convencionales, este ruido es comparable a la densidad de base más la "niebla". En las imágenes digitales, el ruido se ha clasificado en ruido de alta y baja frecuencia y aleatorio. Este cociente mejora en todos los sistemas aumentando el nivel de radiación en la exposición. En

los sistemas analógicos este cociente ronda el 20:1 y en los sistemas más modernos digitales puede rondar valores de 50:1 (Farman y Farman. 2000).

El procesamiento digital de los archivos de imagen mediante programas de software puede mejorar la capacidad de la visión humana de definir elementos reconocibles en una imagen radiográfica. El aparato visual humano es primitivo en cuanto a su capacidad de aportar información cuantitativa de las imágenes que percibe. Gran parte del proceso de reconocimiento de imágenes en el ser humano es inconsciente e implícito y los sistemas de manipulación de las imágenes digitales le dan la oportunidad, mediante el procesamiento de las mismas, de hacer consciente una parte de este proceso. Maniobras tan simples como la manipulación del contraste o la simple definición del nivel del cociente señal / ruido ayudan a entender mejor lo que realmente las imágenes radiográficas informan más allá de su aspecto aparente.

Las principales operaciones que pueden realizarse sobre imágenes digitales con el fin de mejorar el aspecto de las mismas y ayudar a definir mejor las características del objeto del que provienen son resumidas por Baxes GA y Mol A (Baxes. 1994; Mol. 2000) en:

- Maniobras de realce de la imagen:
 - o Realce de contraste (destinado a definir un nivel óptimo de escala de grises)
 - o Filtros (destinados a disminuir el nivel de ruido)
 - o Color (sustitución de las escalas de grises por escalas de color, ya que el ojo humano tiene mejor capacidad de definir tipos y grados de color que de escalas de grises. En teoría, este tipo de maniobras aumentan la capacidad de definir mayor cantidad de zonas con niveles de radiolucencia distintos)

- Maniobras de restauración de la imagen: se han utilizado para intentar reducir el efecto del movimiento sobre las imágenes geométricas obtenidas o el efecto de errores de exposición o imperfecciones del detector de la imagen.

- Maniobras de análisis de la imagen:
 - o Mediciones (de longitudes, distancias, ángulos o densidades relativas)
 - o Anotaciones (como dibujo de figuras geométricas, líneas de referencia, etc.)
 - o Segmentación (destinada a definir zonas significativas y desde ellas distribuir los elementos en función de su prioridad. Un ejemplo es la detección de bordes)
 - o Extracción de características (de medidas, densidades, localización, etc. de los objetos en la imagen)

- Clasificación de objetos (para definir la segmentación)
- Maniobras de compresión de la imagen: las maniobras de este tipo están destinadas a disminuir el tamaño de los archivos originales mediante algoritmos de compresión que, aprovechando características de la imagen (repeticiones, redundancias, etc), permitan reducir su tamaño de forma que puedan ser cómodamente transferidos, manipulados en computadoras simples y almacenados. Se estima que si las imágenes originales pueden recogerse en archivos con tamaños de hasta 5 Mbytes o más, compresiones de hasta 1:28 pueden conservar imágenes de suficiente calidad para el diagnóstico por imagen digital. Las compresiones, a su vez, se pueden realizar:
 - Sin pérdida (reversibles)
 - Con pérdida (irreversibles)
- Maniobras de síntesis de la imagen:
 - Tomosíntesis
 - Tomografía computarizada con apertura sintonizada
 - Tomografía computarizada localizada

Todas estas maniobras pueden permitir al explorador disponer de datos adicionales a los derivados del examen simple de las imágenes originales. Sin embargo, lo que no está suficientemente contrastado es el hecho de si esta información adicional mejora de forma sustancial y precisa la capacidad diagnóstica de la prueba (Mol. 2000; Fitzpatrick et al. 1996) o hasta qué punto las valoraciones diagnósticas obtenidas con medios digitales no pueden estar sujetas a factores de distorsión propios de la misma base técnica de la prueba (Schulze et al. 2000).

Teóricamente, las imágenes digitales pueden ser preservadas de su manipulación mediante algoritmos de encriptado, bien mediante criptografía simétrica (o de clave privada, que utiliza la misma clave en cifrado y descifrado) o asimétrica (o de clave pública, que utiliza claves distintas en cifrado y descifrado) o mediante firma digital (Analoui y Buckwalter. 2000). Evidentemente, es posible superar las barreras que estas claves de encriptado mediante métodos informáticos específicos. La seguridad de las imágenes digitales y su manipulación es una de las principales preocupaciones que han movido a algunos autores a analizar las implicaciones de la manipulación de imágenes de radiología digital.

En 1994, Richardson et al ya avisaban sobre la capacidad de manipulación de imágenes digitales en el contexto editorial científico (Richardson et al. 1994).

Tsang et al en 1999 presentaron su experiencia personal manipulando radiografías dentales digitales mediante el uso del programa Adobe Photoshop 3.0.2 con un PC Pentium 120 Mhz y 96 Mb de RAM (Tsang et al. 1999). En los tres casos en los que manipularon radiografías para simular patologías dentales, las radiografías alteradas fueron aceptadas por una compañía de seguros médicos para realizar los pagos por tratamientos dentales inexistentes. Resulta evidente que las modernas ordenadores domésticos y el software comercial y libre de tratamiento de imagen y descriptado han avanzado lo suficiente en estos años como para hacer aún más clara la importancia del aviso de estos autores.

Du Chesne et al en 1999 también han alertado sobre estos usos potencialmente fraudulentos en el quehacer médico-legal (Du Chesne et al 1999). Este autor ha señalado como usos aceptables del tratamiento digital de las imágenes radiológicas digitales:

- Técnicas de modificación del contraste de imagen

En este sentido señala que la capacidad de definir niveles de grises de la imagen digital es muy superior a la capacidad del ojo humano y, por tanto, permite definir diferencias de intensidad de señal no visibles por el ojo humano. Sin embargo, las técnicas de modificación del contraste permiten desplazar el espectro de la escala de grises haciéndolos visibles para el ojo humano.

- Técnicas de zoom o agrandamiento de la imagen:

El ojo humano puede distinguir dos puntos separados entre sí 0,1 mm a una distancia de 25 cms. La imagen digital tiene una precisión de pixelado que puede llegar a los 2-4 μm , lo que permite ampliar imágenes y reconocer puntos separados con una mayor precisión que en la mera observación de una imagen radiográfica en placa. No obstante, las características definidas por estos píxeles deben tomarse con precaución, en tanto no necesariamente siempre reproducen aspectos reales del objeto que representan.

- Técnicas de corrección de brillo:

Estas permiten, dentro de ciertos límites, hacer visibles objetos de la imagen en casos de exposición incorrecta.

- Comparación de contornos digitales:

Se refiere a la posibilidad de algunos programas de software de seleccionar y detectar zonas de la imagen con niveles de gris similares, lo que puede permitir definir teóricamente contornos de la misma densidad radiológica.

- Imágenes en pseudorrelieve:

Estas permiten mediante la técnicas de pseudocopiado, crear sensaciones visuales en tres dimensiones de objetos de un mismo nivel de gris, facilitando la definición de contornos.

- Segmentación de las imágenes:

Programas, como Corel Draw, permiten eliminar de un sector de la imagen objetos con un determinado nivel límite de grises. Tales deleciones pueden ser utilizadas para intentar su sustitución por objetos de otras imágenes y, de esta forma, intentar definir similitudes entre

dos placas. Estas técnicas, no obstante, deben valorarse con precaución, pudiendo no ajustarse correctamente las imágenes de dos radiografías por las distintas condiciones de posición y angulación del foco entre ellas.

- Superposición de imágenes:

Mediante el uso de máscaras de una imagen, es posible superponer ésta sobre otra imagen previa. Este método es extremadamente útil para los casos de identificación por similitudes morfológicas de contornos.

Los autores, sin embargo, alertan como los anteriores sobre el uso de las imágenes que supongan cambios sustanciales en su definición, especialmente por adición o supresión de zonas de las mismas. Pese a que algunos autores previos habían asegurado que es posible distinguir las imágenes retocadas digitalmente o no, es cierto que se ha podido comprobar como imágenes digitales retocadas pueden no ser distinguidas de las no retocadas por personas no expertas en el tratamiento digital de la imagen. En este sentido, recuerda la referencia de un trabajo de Visser y Krüger de 1997 en el que a 39 dentistas se les dio para que identificasen 6 radiografías digitales dentales no retocadas y 6 retocadas y ninguno de los especialistas fue capaz de distinguir las radiografías retocadas digitalmente (Visser y Krüger. 1997).

Capítulo 2:

SECUENCIA GENERAL DE MADURACION ÓSEA CON LA EDAD EN EL SER HUMANO

2.1. Cambios morfológicos macroscópicos

2.2. Cambios histológicos y bioquímicos

2.2.1. Cambios histológicos del esqueleto

2.2.2. Cambios en la composición bioquímica del esqueleto

2.1. CAMBIOS MORFOLÓGICOS MACROSCÓPICOS:

Según Krogman e Iscan, el proceso de osificación en el ser humano sigue una secuencia de acontecimientos fisiológicos en los huesos que son reconocibles tanto en el examen morfológico directo como en el examen radiológico.

En condiciones ideales, el esqueleto fetal puede ser reconocido en radiografías abdominales desde la 10ª semana de gestación. No obstante, lo habitual es que entre las semanas 18 y 20 se pueda evidenciar la presencia de los núcleos de osificación de los elementos posteriores de la columna vertebral como una cadena de densidades óseas en el abdomen de la mujer gestante. Entre las semanas 20 y 25 puede evidenciarse la presencia de la base del cráneo y de los huesos largos. A las 24 a 26 semanas se evidencia el núcleo de osificación del calcáneo y dos semanas después el del astrágalo. Entre las semanas 36 y 40 se desarrollan la epífisis distal del fémur y la proximal de la tibia. En el 90% de los fetos a término se puede encontrar osificado el centro distal del fémur y en el 85% en proximal de la tibia. Al nacimiento se pueden identificar radiográficamente los centros de osificación primarios de los huesos largos, incluidas manos y pies, así como los cuerpos vertebrales y elementos posteriores vertebrales, escápula, clavícula, pelvis, base del cráneo, calota y huesos faciales (Brody BG. 1998).

Krogman e Iscan en su tratado de 1986 proponían que el proceso de maduración ósea postnatal seguía las siguientes fases (Krogman e Iscan. 1986):

FASE 1: Desde el nacimiento hasta los 5 años:

En esta fase, aparecen todos los centros de osificación que no se habían desarrollado antes del nacimiento (tablas 1 y 2). Los núcleos de osificación pueden ser de dos tipos:

- centros primarios o diafisarios
- centros secundarios o epifisarios

La mayoría de los centros primarios de osificación se hallan presentes en el ser humano en el momento del nacimiento al haberse formado durante el periodo embrionario y fetal. Estos centros primarios suelen iniciarse como centros de osificación amorfos, redondeados y de pequeño tamaño.

En el momento del nacimiento, sin embargo, algunos centros secundarios de osificación son identificables: cabeza humeral, epífisis distal del fémur y epífisis proximal de la tibia. Los centros secundarios suelen desarrollarse tras el nacimiento en las epífisis y durante este periodo hasta los 5 años. Paralelamente, los dientes deciduales van erupcionando y los definitivos se van calcificando.

Edad de aparición de los centros de osificación en población caucasoide.

Hombres

Nacimiento: Calcáneo Astrágalo Proximal del fémur Proximal de la tibia Cuboides Cabeza del húmero	5º metacarpiano
2 meses: Hueso grande Hueso ganchoso Cuneiforme lateral	20 meses: 1ª falange del 1º dedo del pie Cuneiforme central
3 meses: Cabeza del fémur Cóndilo del húmero Distal de la tibia	21 meses: 3ª falange del 3º dedo de la mano 3ª falange del 4º dedo de la mano
6 meses: Distal del peroné	Escafoides del pie 1ª falange del 5º dedo del pie
7 meses: Troquín Distal del radio	22 meses: 1º metacarpiano 1º metatarsiano
10 meses: Piramidal	23 meses: 1ª falange del 1º dedo de la mano
11 meses: 1ª falange del 3º dedo de la mano 2ª falange del 2º dedo del pie	2 años: 2ª falange del 5º dedo de la mano Semilunar
12 meses: 1ª falange del 2º dedo de la mano 1ª falange del 4º dedo de la mano 2ª falange del 1º dedo de la mano	2 años y 2 meses: 2º metatarsiano
13 meses: 1ª falange del 3º dedo del pie 2º metacarpiano Cuneiforme medial	2 años y 5 meses: 3ª falange del 2º dedo de la mano 3ª falange del 5º dedo de la mano
14 meses: 1ª falange del 4º dedo del pie 1ª falange del 2º dedo del pie 2ª falange del 3º dedo del pie	2 años y 11 meses: 3º metatarsiano Proximal del peroné
15 meses: 3º metacarpiano 2ª falange del 2º dedo del pie 1ª falange del 5º dedo de la mano	3 años y 1 mes: Trocánter mayor del fémur Rótula
16 meses: 2ª falange del 4º dedo del pie 4º metacarpiano	3 años y 3 meses: 4º metacarpiano
18 meses: 2ª falange del 2º dedo de la mano 2ª falange del 3º dedo de la mano 2ª falange del 4º dedo de la mano	3 años y 4 meses: 3ª falange del 5º dedo del pie
	3 años y 7 meses: 3ª falange del 3º dedo del pie 3ª falange del 4º dedo del pie
	3 años y 8 meses: 5º metacarpiano
	3 años y 10 meses: 3ª falange del 2º dedo del pie
	4 años y 2 meses: Proximal del radio
	4 años y 4 meses: Trapezio
	4 años y 8 meses: Esafoides de la mano
	5 años +: Epicóndilo medial del húmero Distal del cúbito 2ª falange del 5º dedo del pie. Mano

Tabla 1. Edad de aparición de los centros de osificación en población caucasoide. Hombres. Modificado de Francis et al. (1939). Tomado de Krogman e Iscan Tabla 3.1, pag. 55

Edad de aparición de los centros de osificación en población caucasoide.

Mujeres

Nacimiento:

Calcáneo
Proximal del fémur
Proximal de la tibia
Cuboides
Cabeza del húmero

2 meses:

Hueso grande
Hueso ganchoso
Cuneiforme lateral

3 meses:

Cabeza del fémur
Cóndilo del húmero
Distal de la tibia

4 meses:

Troquín

6 meses:

Distal del peroné
Distal del radio

7 meses:

2ª falange del 1º dedo del pie
1ª falange del 3º dedo de la mano
1ª falange del 4º dedo de la mano

8 meses:

1ª falange del 2º dedo de la mano
2ª falange del 1º dedo de la mano
1ª falange del 3º dedo del pie

9 meses:

2ª falange del 3º dedo del pie
1ª falange del 4º dedo del pie
Cuneiforme medial

10 meses:

2º metacarpiano
2ª falange del 2º dedo del pie
2ª falange del 4º dedo del pie
3º metacarpiano
1ª falange del 2º dedo del pie
Piramidal

11 meses:

4º metacarpiano
1ª falange del 5º dedo de la mano

12 meses:

2ª falange del 4º dedo de la mano
2ª falange del 3º dedo de la mano

13 meses:

5º metacarpiano
2ª falange del 2º dedo de la mano

14 meses:

1º metacarpiano
1ª falange del 1º dedo del pie
1ª falange del 5º dedo del pie
3ª falange del 3º dedo de la mano
3ª falange del 4º dedo de la mano

Escafoides del pie

Cuneiforme central

1º metatarsiano

15 meses:

1ª falange del 1º dedo de la mano

2ª falange del 5º dedo de la mano

17 meses:

3ª falange del 2º dedo de la mano

3ª falange del 5º dedo de la mano

19 meses:

2º metatarsiano

21 meses:

3ª falange del 5º dedo del pie

22 meses:

3º metatarsiano

23 meses:

Rótula

2 años:

Semilunar
3ª falange del 3º dedo del pie
3ª falange del 4º dedo del pie
Proximal del peroné
Trocánter mayor del fémur

2 años y 2 meses:

3ª falange del 2º dedo del pie
4º metacarpiano

2 años y 5 meses:

5º metacarpiano

2 años y 8 meses:

Trapezio

2 años y 9 meses:

Epicóndilo medial del húmero

3 años:

Proximal del radio

Trapezoide

3 años y 2 meses:

Escafoides de la mano

4 años y 6 meses:

Distal del cúbito

5 años +:

2ª falange del 5º dedo del pie.

Tabla 2. Edad de aparición de los centros de osificación en población caucasoide. Mujeres.
Modificado de Francis et al. (1939). Tomado de Krogman e Iscan Tabla 3.1, pag. 55

FASE 2: Desde los 5 años hasta los 12 o 13 años:

Durante este periodo, los centros de osificación ya formados van creciendo y van conformando la forma de los huesos adultos. El periodo termina con la fusión de los componentes del acetábulo y la epífisis medial de la clavícula (tabla 3).

Paralelamente, los dientes definitivos van sustituyendo a los deciduales hasta completar la fórmula dentaria adulta con la excepción de los terceros molares, de erupción más variable y tardía.

Edad de aparición de centros de osificación

Centro	Hombre	Mujer
Epicóndilo medial del húmero	5.2	
Distal del cúbito	5.6	
Tuberosidad del calcáneo	6.2	
Epífisis del astrágalo	8.0	6.1
Tróclea del húmero	8.0	6.1
Olécranon	8.8	6.8
Trocánter menor del fémur	9.4	7.7
Pisiforme	9.10	7.1
Sesamoideo (flexor corto del dedo gordo del pie)	10.4	8.2
Epicóndilo lateral del húmero	10.5	8.3
Tubérculo de la tibia	10.10	9
Proximal del 5º metatarsiano	11.0	8.7
Sesamoideo (flexor corto del pulgar de la mano)	11.8	9.4
Tubérculo de la 1ª costilla	13.3	10.0
Espina anter superior del ilion	13.4	9.3
Proceso transversal de la 1ª vértebra torácica	13.4	11.4
Acromion	13.5	11.4
Cresta iliaca	13.5	12.4
Apófisis coracoides	13.10	11.3
Tuberosidad isquiática	15.0	13.2
Medial de la clavícula	15:0+	14.6

Tabla 3. Edad de aparición de los centros de osificación en población caucasoide, después de los cinco años. Modificado de Johnston ('61). Tomado de Krogman e Iscan ('86), tabla 3.4; pag.64

FASE 3: Desde los 12 o 13 años hasta los 20 años:

Este es el periodo de la fusión de las epífisis con las diáfisis de los huesos largos (tablas 4 y 5). En la sínfisis púbica se producen los primeros cambios con la edad apreciables y en el extremo esternal de las costillas.

Con la llegada de la pubertad, los huesos presentan ya rasgos de dimorfismo sexual que permiten diferenciar los huesos de los chicos y de las chicas.

Stevenson, en 1924 , realizó uno de los primeros estudios sobre la secuencia de osificación de las distintas partes del esqueleto humano (Stevenson, 1924). Para ello, estudió 110 restos óseos completos de la colección del museo Hamann del laboratorio de anatomía de la Western Reserve University de Cleveland (Ohio). Las edades de los sujetos de la muestra oscilaban entre los 15 y 28 años de edad. Se estudiaron restos de varones y mujeres caucasoides y negroides. Los resultados del estudio fueron puestos en cuestión de forma muy severa por autores posteriores, como Flecker, quien en 1942 ponía el estudio de Stevenson como ejemplo de un estudio de calidad escasa (Flecker H, 1942). Destacaba como defectos de la serie la escasa muestra de sexo femenino (20 casos) y la limitada validez del criterio de edad conocida basado en una muestra de población con registro de edad altamente dudoso. A pesar de ello, el trabajo de Stevenson es uno de los primeros trabajos sistemáticos publicados sobre el orden de la unión de las epífisis en el ser humano y uno de los pocos realizados sobre casi todo el esqueleto, en población moderna y mediante medios de examen osteológico no radiográfico (tabla 4).

Secuencia de unión de todas las epífisis con las diáfisis estudiadas (Stevenson 1924):

Extremidad distal del húmero
 (epicóndilo medial del húmero)
 Proceso coracoideo de la escápula
 Tres elementos primarios del hueso innominado
 Cabeza del radio
 (Olécranon del cúbito)
 Cabeza del fémur
 (Trocánteres mayor y menor del fémur)
 (Tuberosidades costales)
 Extremidad distal de tibia y peroné
 Extremidad proximal de tibia
 (Extremidad proximal de peroné)
 Extremidad distal del fémur
 Tuberosidad del isquion
 Extremidad distal de cúbito y radio
 Cabeza del húmero
 Cresta ilíaca
 Cabezas de las costillas
 Epífisis ranal de la pelvis
 Clavícula

Tabla 4. Tabla de Stevenson sobre la secuencia de fusión de las epífisis en el ser humano (Stevenson. 1924).

FASE 4: Desde los 20 años a los 25 años:

Durante este nuevo periodo, se producen cambios en la sínfisis púbica y en el extremo esternal de las costillas. Se culmina el cierre epifisario de los centros de las vértebras. Comienza el cierre de las suturas craneales. Los terceros molares erupcionan, se producen los primeros fenómenos de resorción alveolar, especialmente si hay pérdida de piezas dentarias, y aparecen los primeros datos de desgaste coronal en las piezas definitivas.

FASE 5: Desde los 25 años a los 36 años:

Se producen un cierre más activo de las restantes suturas craneales, así como cambios en sínfisis púbica y costillas.

FASE 6: Desde los 36 años a los 50 años:

Se mantienen y avanzan los cambios de la fase anterior. Se aprecian, además, cambios osteofíticos marginales localizados en regiones articulares como la fosa glenoidea de la escápula o en los cuerpos e interapofisarias de las vértebras.

Hacia los 40 años suele desaparecer la llamada “cicatriz” epifisaria, residuo del cierre epifisario en los huesos largos que puede persistir tras la culminación del proceso de fusión epifisodifisario desde los 20 años.

Unión postcraneal de los centros de osificación (años: meses)

<u>Centro de osificación</u>	<u>Rango edad</u>	<u>Centro de osificación</u>	<u>Rango edad</u>
Escápula		Pelvis	
Acromion	18:0 - 19:0	Elementos primarios	13:0 - 15:0
Margen vertebral	20:0 - 21:0	Cresta	18:0 - 19:0
Angulo inferior	20:0 - 21:0	Tuberosidad	19:0 - 20:0
Clavícula		Fémur	
Extremo esternal	25:0 - 28:0	Cabeza	17:0 - 18:0
Extremo acromial	19:0 - 20:0	Trocánter mayor	17:0 - 18:0
Húmero		Trocánter menor	17:0 - 18:0
Cabeza	19:6 - 20:6	Extremo distal	17:6 - 18:6
Extremo distal	14:0 - 15:0	Tibia	
Epicóndilo medial	15:0 - 16:0	Extremo proximal	17:6 - 18:6
Radio		Extremo distal	15:6 - 16:6
Extremo proximal	14:6 - 15:6	Epífisis del calcáneo	14:6 - 15:6
Extremo distal	18:0 - 19:0	Pie	
Cúbito		Metatarsianos	15:0 - 16:0
Extremo proximal	14:6 - 15:6	1ª falanges	14:6 - 15:6
Extremo distal	18:0 - 19:0	2ª falanges	14:0 - 15:0
Mano		3ª falanges	14:0 - 15:0
Metacarpianos	15:6 - 16:6		
1ª falanges	15:0 - 16:0		
2ª falanges	15:0 - 16:0		
3ª falanges	14:6 - 15:6		

Tabla 5. Fusión de los núcleos de osificación postcraneales. Modificado de Krogman ('55). Tomado de Krogman e Iscan ('86). Tabla 3.5; pag. 65

FASE 7: Desde los 50 años hasta el fallecimiento:

En esta última fase, a los cambios de la fase anterior, se suman cambios degenerativos erosivos y osteoporóticos en los huesos largos y planos. Estos cambios son progresivos y más acusados en los extremos epifisarios articulares. Se observan, además, cambios en las costillas y en la trabeculación ósea en estudios radiográficos.

Según los autores citados, la precisión de una estimación de edad basada en cambios osteológicos, en condiciones óptimas, tendría un margen de error aproximado de:

- fase 1: +/- 3 meses
- fase 2: +/- 6 meses
- fase 3: +/- 6 meses
- fase 4: +/- 9 meses
- fase 5: +/- 2 años
- fase 6: +/- 2 años
- fase 7: +/- 5 años

2.2. CAMBIOS HISTOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS:

2.2.1 Cambios histológicos del esqueleto:

Según Krogman e Iscan, el estudio histológico de los huesos permite diferenciar la especie del sujeto al que corresponden. Pero, además, desde 1965, año en el que Kerley propuso su sistema de cuantificación de hallazgos en muestras óseas, los estudios histológicos de muestras óseas ha demostrado ser útiles para la estimación de la edad, al reflejar cambios que siguen una secuencia más o menos constante con ésta (Kerley. 1965).

Los métodos disponibles se hacen eco de una serie de cambios que se producen en la arquitectura ósea desde la osificación de un hueso hasta su remodelación progresiva por efectos de las condiciones ambientales que provocan la necesidad del hueso de adaptar su estructura a los requerimientos funcionales. Se trata en última instancia del efecto de la reparación tisular, que en el tejido óseo es un fenómeno lento que incluso en caso de cambios bruscos de requerimientos funcionales, puede demorar muchos años en producir cambios sustanciales en la microarquitectura de las trabéculas óseas. Las modificaciones afectan a la conformación de las osteonas primarias o unidades de osificación primordiales, dando lugar a su sustitución por nuevas unidades de osificación denominadas osteonas secundarias.

La forma en la que originalmente Kerley cuantificó estos cambios se basa en el recuento de una serie de cambios en los elementos visibles en el campo microscópico relativos a la configuración histológica del hueso. En su método original, Kerley analizaba en el hueso cortical en un campo óptico de 1,25 mm diámetro cuatro parámetros:

- Número total de osteonas
- Número de osteonas fragmentarias
- Hueso lamelar circunferencial
- Canales no Haversianos

Su estudio original se basaba en una muestra de tibias, peronés y fémures de sujetos entre 18 y 85 años de edad. Mediante el diseño de fórmulas de regresión, consiguió con su método una estimación de edad con un error de +5 a -4 en varones y +5 a -1 en mujeres (Kerley. 1965).

En 1978, Kerley y Ubelaker retomaron el estudio y aplicaron unas nuevas fórmulas de regresión con los mismos parámetros y un diámetro de campo óptico de 1,62 mm (Kerley y Ubelaker. 1978).

En 1969, Ahlqvist y Damsten modificaron el método original de Kerley ya que encontraban dificultades para valorar la diferencia entre osteonas primarias y fragmentos de osteonas y para

valorar el porcentaje de hueso lamelar en el corte histológico. Redujeron, por tanto, los parámetros de medición a uno solo que fue el número de osteonas primarias visibles sumado al número de osteonas fragmentadas reconocibles en la pieza histológica. Las piezas, además, tenían un mayor grosor de corte (50 μm). Propusieron una fórmula de regresión que daba unos resultados más fáciles de calcular, pero con una menor precisión que las originales de Kerley o Kerley y Ubelaker (Ahlqvist y Damsten. 1969).

Krogman e Iscan citan un estudio de 1981 de Thompson y Guinness-Hey que aplicó el método de Kerley en una muestra de población de 259 esquimales y 144 blancos americanos y llegó a la conclusión de que el origen étnico afectaba a la forma de interpretación de los resultados, ya que el standard no se ajusta igual en ambas poblaciones (Thompson y Guinness-Hey. 1981).

Un estudio posterior de Cho et al de 2002 ha retomado esta cuestión al comparar el método de Stout y Paine en una población de 103 sujetos afroamericanos y 51 sujetos blancos americanos. Este estudio llegó a la conclusión de que era necesario desarrollar fórmulas de regresión específicas para cada grupo racial, también para el método de Stout y Paine, ya que no se podían hacer estimaciones correctas de edad con las fórmulas derivadas de población blanca en la población negroide (Cho et al. 2002).

Desde que Kerley desarrollase su método original basado en el hueso cortical de fémur, tibia y peroné, varios estudios han intentado adaptar sus resultados a otras regiones anatómicas, como la mandíbula, el cúbito, la clavícula y las costillas con relativo éxito; se han propuesto métodos más simplificados basados en muestras más pequeñas y únicas. Se ha intentado adaptar el método a regiones de la bóveda craneal, en particular el hueso occipital (Cool et al. 1995) y el parietal (Clarke. 1987, citado por Cool et al. 1995), pero los resultados han sido poco útiles.

Los resultados más útiles se han obtenido en los estudios microscópicos desarrollados sobre las regiones de la extremidad distal de las costillas y la diáfisis de la clavícula. Se ha argumentado que posiblemente estas regiones tienen una secuencia de remodelación ósea más estable con el tiempo que otras como los huesos de las extremidades ya que se trata de estructuras óseas que no están sometidas habitualmente a cargas directas inhabituales que pueden dar lugar a variaciones significativas en los ritmos de remodelación ósea.

Stout y Paine desarrollaron una adaptación específica del sistema de Kerley para el tercio medial de la 6ª costilla y la diáfisis media de la clavícula (Stout y Paine. 1992). En 1994, nuevamente Stout en colaboración con Iscan intentó una adaptación específica del método para el extremo distal de la 4ª costilla (Stout et al. 1994). En 1993, Dudar et al también habían intentado comparar la eficacia relativa del método de Stout y Paine en el tercio medio de la 6ª costilla y el método morfológico de Iscan y pudo apreciar que la combinación de ambos

métodos en la misma costilla aumentaba la precisión de las estimaciones de edad (Dudar et al. 1993). El estudio que iniciaron en 1994 Iscan y Stout buscaba también comparar los resultados de aplicación del método morfológico de Iscan frente al método histológico de Stout y Paine, planteando la posible adaptación de los resultados de la 6ª costilla en su tercio medio a la cuarta costilla en su extremidad esternal.

En el estudio de Stout et al de 1994, las variables analizadas en la extremidad esternal de la cuarta costilla fueron:

- Densidad de osteonas intactas (definieron éstas como aquellas en las que el 90 % del canal Haversiano no se había remodelado)
- Densidad de fragmentos de osteonas (definidos estos como aquellas osteonas en las que se observaba remodelación de al menos un 10 % del canal Haversiano)
- Densidad total de osteonas (definidas como la suma de las dos anteriores)

Para comprobar su validez, compararon los resultados de aplicar el método histológico y morfológico en una muestra de 60 extremidades proximales de cuartas costillas obtenidas en autopsias de sujetos entre 11 y 88 años con una media de 39,2 años. Sobre la base de esta muestra, elaboraron una fórmula de regresión que tomaba como parámetros la densidad de la suma total de osteonas y el número de la fase de maduración del sistema de Iscan. La precisión de las estimaciones de edad mediante este método mejoró el error medio que tenía el método de Iscan en la población de estudio, al convertir los rangos de diferencias absolutas entre edad estimada y edad real de 3,2 a 8,1 años con el método de Iscan sólo a 3,3 a 6,8 años con el sistema conjunto de ambos métodos, morfológico e histológico.

En 2002, Cho et al elaboraron un método basado en el previo de Stout para valorar las modificaciones en la histología de las costillas en sujetos de raza blanca y negra. En su trabajo no especifican qué costilla se utilizó sistemáticamente para el estudio. La población de estudio estuvo formada por 154 costillas de 103 afroamericanos y 42 blancos americanos. En las costillas, que prepararon con la técnica descrita por Stout y Paine en 1992 (sección completa del tercio medio), valoraron:

- Diámetro medio de las osteonas en mm^2 (para ello, valoraban únicamente aquellas osteonas completas que tenían una morfología aproximada circular)
- Densidad de osteonas intactas
- Densidad de fragmentos de osteonas
- Densidad de la población total de osteonas
- Razón del grosor cortical frente al diámetro total de la sección de la costilla

Como se ha comentado anteriormente, el estudio concluyó que era necesario adoptar fórmulas de regresión independientes para cada raza. Argumentaron que ello era debido a las diferencias ya definidas en trabajos previos entre ambas razas en cuanto a su densidad ósea y resistencia general ósea. Apuntan, además, una limitación severa del método que es su dificultad para determinar la edad de sujetos mayores de 60 años. Esta limitación deriva del hecho de que a partir de esa edad, se alcanzaría el límite de sustitución de osteonas definible, ya que cada nueva osteona formada haría desaparecer los rastros de la osteona primaria a la que sustituye y ello hace que la densidad total de osteonas no variase de forma significativa tornando ineficaz el método diagnóstico por encima de esta edad (Cho et al. 2002).

2.2.2 Cambios en la composición bioquímica del esqueleto:

Desde el punto de vista de la composición bioquímica del hueso y los dientes, también algunos estudios han apreciado diferencias a lo largo del proceso del crecimiento y maduración que han sido propuestas como métodos orientados para la determinación de la edad. Algunos de estos métodos resultan altamente precisos, aunque corresponden con fenómenos muy susceptibles a la desestructuración postmortal del esqueleto, y otros tienen un menor grado de precisión, aunque pueden tener la ventaja de ser aplicables en muestras óseas antiguas y material arqueológico. Todos los métodos de esta naturaleza tienen la limitación de obligar a la destrucción de una parte del esqueleto para su aplicación, lo que en casos en el contexto forense puede suponer un factor limitante para su aplicación.

Entre estos métodos destaca el proceso de racemización de los aminoácidos en muestras viscerales y esqueléticas. Este fenómeno se expresa por la sustitución de los isómeros levógiros de estos aminoácidos (formas L) por isómeros dextrógiros (formas D), alterando con la maduración su proporción a favor de las formas D. Entre estos aminoácidos, el ácido Aspártico ha recibido un especial interés por parte de los investigadores tanto en el campo de la Antropología Física como de las ciencias forenses.

Es difícil establecer con precisión un primer trabajo que se hubiese orientado de forma clara hacia la utilización del método como indicador preciso de la edad, aunque ya en los años 60 y 70 del siglo XX varios estudios habían sugerido la existencia de cambios en la proporción de racemización del ácido Aspártico en relación con la edad. En 1976 Heffman y Bada fueron tal vez los primeros autores en establecer la utilidad de la correlación entre el proceso de racemización de este aminoácido y la edad de los sujetos como método de diagnóstico de edad. Basaron su aplicación en un estudio sobre coronas dentales (Heffman y Bada. 1976). Desde entonces, diversos autores comprobaron la validez del método en piezas dentales. En 1977, Masters et al analizaron este mismo fenómeno en el cristalino y observaron que la correlación de la racemización con la edad también podía observarse en este tejido por su baja tasa metabólica (Masters et al. 1977). En 1983, Mann et al analizaron este mismo fenómeno en el cerebro y lo observaron reproducido en la mielina de la sustancia blanca cerebral (Mann et al. 1983).

Desde entonces, la mayor parte de los estudios se han centrado en valorar esta proporción entre formas L y D del ácido Aspártico en el diente, ya que es un tejido particularmente estable y con una tasa metabólica muy baja. La mayor parte de los estudios han sido realizados, entre otros, por los grupos de estudio de Ogino (Ogino et al. 1985) y Ohtani en Japón y por Ritz – Timme en Europa (Ritz-Timme et al. 1993,1994) . Durante los años 90 del siglo XX se fueron depurando las técnicas de laboratorio que permitían valorar esta proporción en la dentina tanto en la porción de proteínas no colágenas como en el colágeno mediante métodos de

cromatografía de gases o cromatografía líquida. Los puentes de los aminoácidos se suelen hidrolizar mediante ácido hidroclicórico 6 M, aunque se han desarrollado también otros métodos de hidrólisis, como el uso de la proteasa V8 del estafilococo que rompe sólo los enlaces de la forma L del ácido Aspártico y no de las formas D (Sajdok et al. 2006).

En la actualidad el método está bastante estandarizado para piezas dentales analizando las proporciones relativas de las formas D y L del ácido Aspártico tanto en dentina como en el cemento dental (Ohtani. 1995). La estabilidad de esta proporción se mantiene durante varios años tras la muerte. Ohtani et al en 1997 comprobaron que en muestras conservadas con distintas fórmulas conservadoras (etanol 95%, formol al 10 % y formalina neutra al 10 %) se pudo observar que la proporción de ácidos D y L no cambia tras 10 años de conservación (Ohtani et al. 1997).

La racemización de otros aminoácidos ha sido estudiada por varios autores. Ohtani et al en 2002 y 2004 lograron cuantificar la proporción de los aminoácidos ácido Glutámico y Alanina en variedades D y L en tejido óseo de costillas y fémur. Cuando compararon la eficacia de la correlación con la edad de estos aminoácidos en relación con la del ácido Aspártico, observaron que existía también una correlación con la edad. Sin embargo, dicha correlación era mucho más precisa en el caso del ácido Aspártico que en el del resto de aminoácidos estudiados (Ohtani et al. 2004).

Según algunos autores, los métodos bioquímicos de diagnóstico de edad basados en la racemización del ácido Aspártico sobre restos tisulares son especialmente útiles en casos de presencia de fragmentos corporales separados y en casos de muertes datadas de unos decenios. En casos de estudios arqueológicos su utilidad es mucho más limitada y pueden ser útiles para estimar la edad del fallecido sólo en casos de exposición del cadáver tras la muerte a temperaturas extremadamente bajas (Ritz-Timme et al. 2000).

Otro método es el descrito entre otros autores por Richards et al relativo a la cuantificación de la proporción de distintos isótopos del nitrógeno en las muestras óseas y dentales con el fin de establecer hitos madurativos (Richards et al. 2002). El método ha sido planteado desde 1995 para definir en muestras arqueológicas la edad de los sujetos basándose en el momento en el que se produce el destete de los niños y estos pasan a seguir una dieta exclusivamente adulta (Kratzenberg y Pfeiffer. 1995).

Esencialmente el método busca valorar la proporción dentro del nitrógeno total de los huesos del isótopo $\delta^{15} \text{N}$. Se ha podido comprobar que durante el periodo de la lactancia la proporción de este isótopo en el niño es 2 a 4 veces mayor proporcionalmente que en los adultos. El proceso de recambio de este isótopo por otros isótopos en los huesos se produce a medida que el sujeto va creciendo tras suspender la lactancia; en los dientes este recambio es menos

marcado y los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ reflejan en el diente la proporción en el sujeto en el momento de formación de los dientes.

El estudio de Richards et al es uno de los primeros en valorar este parámetro en una muestra de población amplia. Para ello, estudió una población de 99 restos humanos, de ellos 28 adultos y 71 niños menores de 20 años; el sexo se estableció en adultos mediante rasgos morfológicos de pelvis y cráneo y la edad en niños mediante la calcificación dental. En ellos analizaron los caninos y molares y las costillas. Las conclusiones de su estudio indicaban que la proporción de $\delta^{15}\text{N}$ en niños menores de 2 años es mucho mayor que en mayores de 2 años, lo que indica que el destete se producía en esta población en esta edad aproximada. Hasta los 11 años, la proporción de $\delta^{15}\text{N}$ es mayor en dentina que en las costillas, posiblemente como consecuencia de que los dientes se formaron fundamentalmente durante la lactancia y de que el recambio de $\delta^{15}\text{N}$ es bajo en la dentina tras la formación del diente. Desde los 2 años hasta la madurez, la proporción de $\delta^{15}\text{N}$ era menor que en los adultos, lo que sugiere a los autores que la dieta de los menores estaba menos basada en proteínas animales que la de los adultos.

En la misma línea que los anteriores, Spalding et al en 2005 presentaron un estudio sobre el diagnóstico de edad en dientes basado en la proporción de isótopos en la composición del diente, en su caso mediante el cálculo de la proporción de carbono ^{14}C . Según estos autores, la proporción de ^{14}C se había mantenido estable en la atmósfera terrestre hasta 1955, fecha en la que se iniciaron pruebas de explosión nuclear controladas. Estas pruebas han determinado que la proporción de este isótopo en la atmósfera haya aumentado en los años posteriores. Dado que la proporción de ^{14}C en el organismo en un momento dado es la misma que la de la atmósfera que le rodea y ya que la proporción de carbono del diente es del 0,4%, puede suponerse que si tras la formación del diente no hay recambio del carbono que lo conforma, la proporción de ^{14}C en el diente reflejará la proporción de este isótopo en la atmósfera en ese momento. El estudio se centra en los años 1955 a 1963, periodo durante el cual se pudo comprobar que los sujetos de estudio respondían a la premisa del mismo. La precisión estimada para este método por los autores para personas nacidas desde 1955 es de un error medio de 1,6 años, sustancialmente mejor que el de los restantes métodos utilizados hasta la actualidad. La única limitación del estudio es su corta serie de casos (n=4), por lo que los autores no recomiendan su uso antes de que otras series a mayor escala hayan podido comprobar la validez de sus afirmaciones (Spalding et al. 2005).

Ubelaker et al en 2006 analizaron también los cambios en las concentraciones de ^{14}C en distintos tejidos tisulares y analizaron las mismas en relación con la edad tomando en consideración las mismas circunstancias descritas por Spalding et al (Ubelaker et al. 2006). Los tejidos analizados fueron tejido dental, tejido óseo cortical y tejido óseo trabecular, presuponiendo de acuerdo con estudios previos que las variaciones en su concentración de ^{14}C

se comportarían de forma diversa en relación con las concentraciones ambientales en función del comportamiento metabólico tisular de cada tejido. Así, estudiaron las concentraciones de ^{14}C en los tres tejidos en dos sujetos nacidos en 1925 y 1926 (antes del periodo 1950 a 1963, durante el cual aumentaron los niveles ambientales de ^{14}C por las pruebas nucleares) y fallecido respectivamente en 1959 y 1995. Sus observaciones confirmaron la impresión de Spalding et al de que las concentraciones de ^{14}C en el tejido dental son relativamente estables pese a los cambios ambientales, estando básicamente influenciadas por las concentraciones ambientales en el momento de formación del diente. En el tejido óseo, en cambio, comprobaron que estas concentraciones pueden estar influidas por los cambios ambientales. La ingesta de productos con concentraciones distintas de ^{14}C durante la vida puede modificar la concentración de ^{14}C en el tejido óseo de sujetos nacidos antes del periodo 1955 a 1963. Los distintos ritmos de recambio en los distintos tejidos explicarían además el distinto comportamiento en este sentido de tejidos como el óseo cortical y trabecular.

Finalmente, algunos estudios han hecho hincapié en el análisis de las modificaciones que el ADN puede presentar durante el proceso de maduración. El ADN mitocondrial, por su estabilidad y facilidad de secuenciación, ha sido objeto de varios estudios sobre esta materia. Entre las modificaciones, las deleciones del ADN mitocondrial, en particular del par 4977 bp del ADN mitocondrial, han sido analizadas por varios autores desde finales de los años 80 del siglo XX, describiendo su aparición como relacionada con el fenómeno de maduración. Se sabe que la deleción 4977 bp, en particular, se produce de forma independiente con la edad en sujetos con enfermedad de Parkinson a nivel cerebral y en el corazón en el caso de cardiomiopatías. También la exposición a radiaciones ionizantes y la exposición a la luz solar (rayos UV) es capaz de acelerar la formación de esta deleción en la piel. Fuera de estas condiciones endógenas y exógenas, se ha descrito la aparición de diversos tipos de deleciones en el ADN mitocondrial en sujetos adultos y especialmente en tejidos muy especializados, como el cerebro y el músculo esquelético; en otros, como el hígado no se ha podido confirmar la aparición de este fenómeno.

En 1997, Meißner et al presentaron un estudio sobre 93 muestras de tejido músculo esquelético (psoas) obtenidas de cadáveres. Su estudio les permitió indicar que la ausencia de tal deleción sugería que el sujeto de estudio podía tener una edad menor de 20 años de edad. En cambio, la evidencia de deleción del par en muestras de 1 ng de ADN sugeriría que el sujeto podría tener una edad superior a los 50 años de edad (Meißner et al. 1997).

Capítulo 3:

CLAVÍCULA

3.1. Recuerdo anatómico:

- 3.1.1. Tercio distal
- 3.1.2. Dos tercios mediales
- 3.1.3. Tercio proximal
- 3.1.4. Función de la clavícula

3.2. Recuerdo embriogénico

3.3. Osificación postnatal

3.4. Anatomía radiológica

3.5. Estudios de población relativos a los parámetros identificables relativos a la maduración de la clavícula con la edad:

- 3.5.1. Fusión de la epífisis esternal
- 3.5.2. Medidas osteométricas
- 3.5.3. Análisis de rasgos osteológicos específicos
- 3.5.4. Variaciones en diámetro mediodiafisario e índice clavicular
- 3.5.5. Datos degenerativos articulares

3.1. RECUERDO ANATOMICO

La clavícula (Ossa Extremitatis Superioris) es un hueso largo curvado en forma de S itálica que se dispone horizontalmente en la porción superior del tórax inmediatamente sobre la primera costilla. A su vez, forma también parte de la porción anterior del hombro, de forma que medialmente se articula en el tórax con el manubrio del esternón y lateralmente con la escápula. La porción que se dirige hacia el extremo acromial tiene forma curvada cóncava hacia delante y la que se dirige al extremo esternal es convexa hacia delante.

No existe acuerdo sobre el origen etimológico de su nombre. Para algunos autores (Field EJ 1957), la palabra clavícula derivaría del diminutivo de la palabra latina “clavis” que significa llave y consideran que la denominación clavícula la habría recibido por su similitud con las llaves romanas. Sin embargo, otros autores no encuentran tal similitud y consideran que su origen residiría en una evolución de la palabra latina “claudere”, que significa cerrar (Skinner HA, 1961). Esta etimología la sustentan en la similitud de la forma en S de la clavícula con las piezas curvadas que usaban los romanos para cerrar puertas y ventanas, así como en el hecho de que la clavícula es la pieza que “cierra” el tórax.

La morfología general del hueso es aplanada en dirección arriba abajo en el tercio distal o lateral (unión acromio-clavicular) y de sección redonda o prismática en los dos tercios restantes, medio y medial o proximal (unión esterno-clavicular).

3.1.1. Tercio distal

En el **tercio lateral, distal o acromial**, la clavícula presenta dos superficies, superior e inferior, y dos caras, anterior y posterior.

En su superficie superior (Figura 1), tiene forma plana y rugosa, marcada por el relieve de las inserciones de los músculos trapecio (“Trapezius”), en la cara posterior, y deltoides (“Deltoides”), en la cara anterior. Entre ambas inserciones, un franja del hueso tiene una disposición inmediatamente subcutánea.

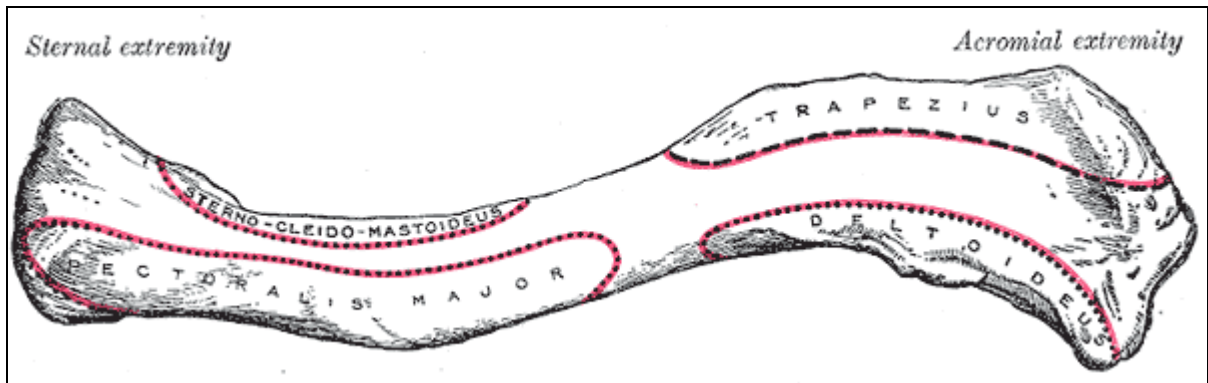


Figura 1. Vista superior de la clavícula izquierda
(Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

La superficie inferior es plana (Figura 2). En su ápex se encuentra la carilla articular oval para el acromion o articulación acromio-clavicular. En su cara posterior, cerca de la unión con el tercio medial, se sitúa una pequeña eminencia ósea cónica y rugosa denominada **tubérculo conoide** o **tuberosidad coracoide**. Tras este tubérculo, un surco se extiende oblicuamente en sentido antero-posterior hasta casi contactar con la articulación acromio-clavicular (**línea trapezoidal**).

Ambos elementos, tubérculo conoide y línea trapezoide, dan inserción al ligamento coraco-clavicular en sus dos porciones: conoide y trapezoidal.

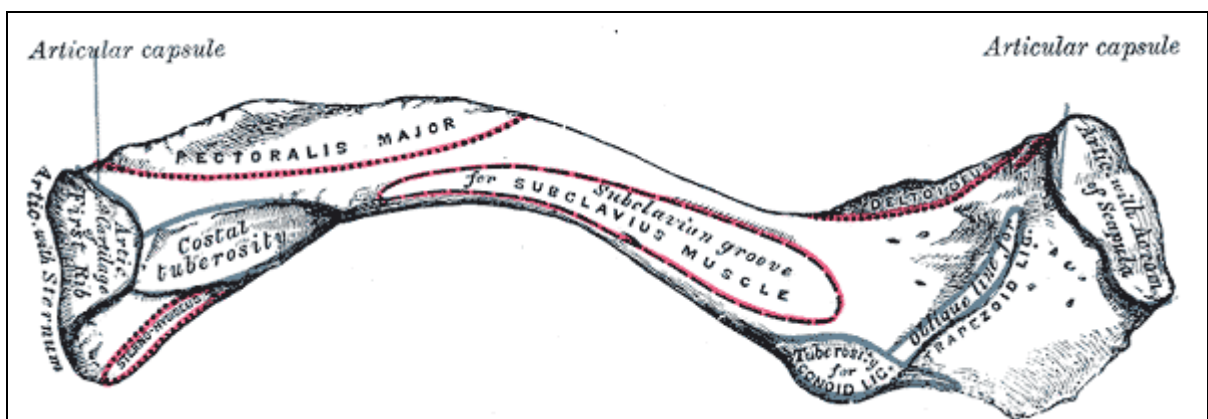


Figura 2. Vista inferior de clavícula izquierda
(Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

ARTICULACIÓN ACROMIO-CLAVICULAR

La articulación entre el acromion y la cara distal de la clavícula está recubierta de fibrocartílago y una cápsula articular rodea por completo los márgenes. En la parte superior de la articulación puede existir un disco articular que separa parcialmente ambos extremos articulares (De Palma

AJ. 1957). Es frecuente que dicho disco esté ausente y es muy extraño que separe completamente los dos extremos articulares.

La articulación está reforzada por tres ligamentos: capsular, acromio-clavicular y coraco-clavicular. El ligamento acromio-clavicular es un refuerzo plano cuadrilátero entre los aspectos superiores de ambos extremos articulares. Sus fibras se entrecruzan con las de los músculos trapecio y deltoides.

El ligamento coraco-clavicular une la apófisis coracoides del acromion y la clavícula en su tercio distal. La parte conoide es un ligamento triangular casi vertical y une el tubérculo conoide con la raíz de la coracoides por delante de la escotadura escapular. La parte trapezoide es plana, ancha y cuadrilátera, de disposición casi horizontal, que une la línea trapezoidal de la clavícula con la superficie superior de la coracoides. Habitualmente, ambas porciones del ligamento se hallan separadas por una bursa o por grasa, aunque se han descrito casos de formaciones cartilaginosas que llegan a formar una auténtica articulación coraco-clavicular (Lewis OJ, 1959).

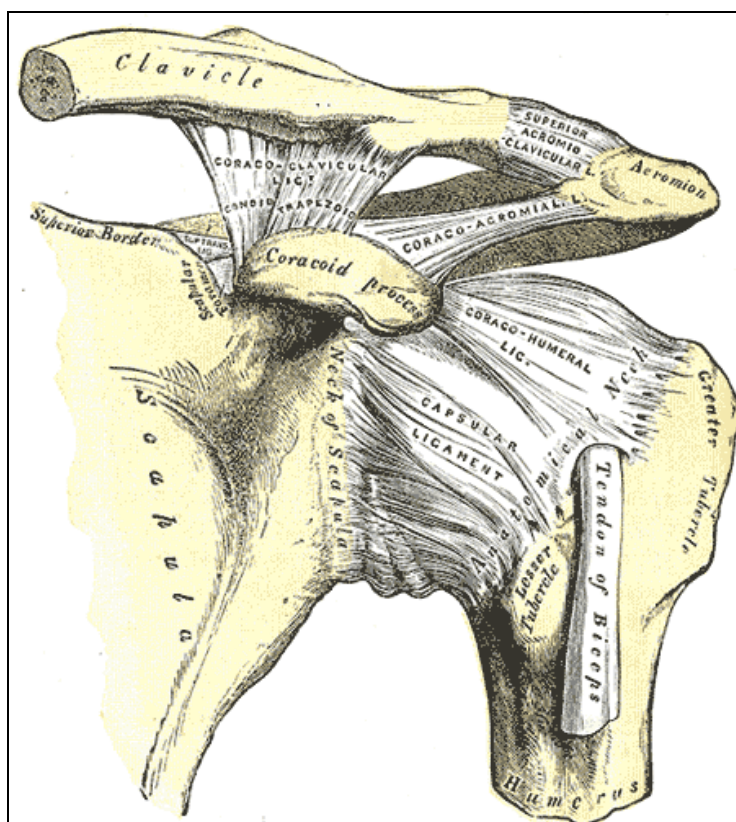


Figura 3. Articulación acromio-clavicular y ligamentos coraco-clavicular y acromio-clavicular (Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

3.1.2. Dos tercios mediales:

Sus superficies superior y anterior son levemente rugosas por las inserciones musculares del pectoral mayor (“Pectoralis Major”) y, en su parte más posterior, de la porción clavicular del esternocleidomastoideo (“Sterno-Cleido-Mastoideus”), menos marcada. La superficie posterior es lisa y la inferior presenta un área oval rugosa localizada en la parte más esternal. Esta área, destinada a la inserción del ligamento costo-clavicular, suele ser deprimida, aunque a veces se encuentra sobreelevada y se ha llegado a describir una articulación sinovial con la primera costilla (Cave AJE, 1961). En la parte media de la superficie inferior existe un surco para la inserción del músculo subclavio.

En la parte más esternal de la superficie posterior, se encuentra la inserción del músculo esternocleidohioideo (“Sterno-hioideus”), que es rugosa. Los dos tercios mediales se relacionan anatómicamente por vecindad, de lateral a medial, con el tronco del plexo braquial, tercera parte de la arteria subclavia y vena subclavia y comienzo de vena braquiocefálica

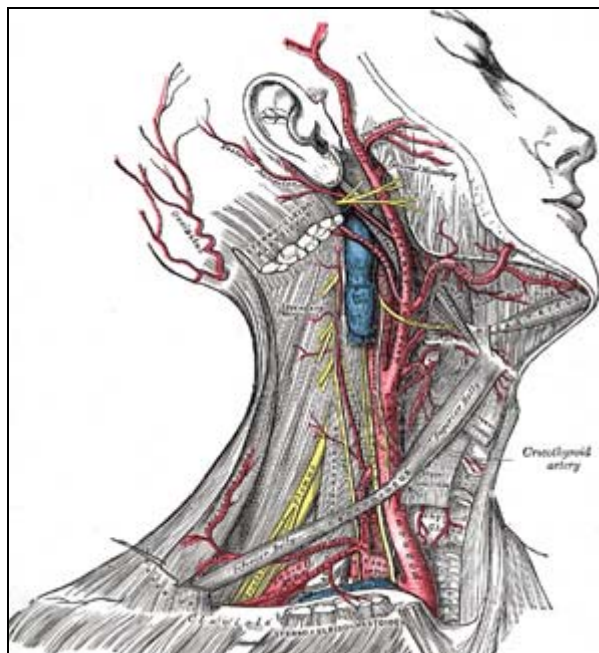


Figura 4. Vista de los paquetes vasculares y nerviosos que pasan tras la clavícula. Se observa el paso de lateral a medial del plexo braquial, arteria subclavia y vena subclavia. (Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

3.1.3. Tercio proximal

El extremo esternal tiene su carilla articular orientada levemente hacia abajo y hacia delante. Se trata de una carilla lisa, de superficie picada y de forma cuadrangular (ocasionalmente triangular). Esta carilla se articula con el manubrio esternal a nivel de la escotadura clavicular del esternón y con la primera costilla.

ARTICULACIÓN ESTERNO-CLAVICULAR

La superficie articular de la clavícula está recubierta de fibrocartílago, más grueso que la lámina fibrocartilaginosa del esternón. La cara clavicular es convexa en el eje vertical aunque algo cóncava en el sentido horizontal, conformando una articulación selar (Williams PL et al 1995). Las dos caras opuestas son recíprocas, aunque no completamente congruentes; un disco intrarticular plano se dispone entre ambas carillas. Este disco es más grueso en la periferia que en el centro y se halla unido a la cápsula a nivel superior en la superficie de la clavícula y a nivel inferior en la primera costilla.

Un grupo de ligamentos aseguran la estabilidad de la articulación. Entre ellos, el ligamento esternoclavicular anterior es un ligamento ancho que une toda la superficie anterior del extremo clavicular con la región de la escotadura del manubrio y con el primer cartílago costal. El ligamento esternoclavicular posterior, más débil, se dispone entre el extremo clavicular posterior y la parte posterior del manubrio esternal. El ligamento interclavicular se halla situado entre ambas caras superiores de los extremos esternales de ambas clavículas. Cuando existen los osículos supraesternales (7% de los esternones) se hallan en el interior de este ligamento. Finalmente, el ligamento costo-clavicular que se origina en la zona de inserción en la clavícula se divide en dos láminas, una anterior y otra posterior que se insertan respectivamente más medial y más lateralmente en la primera costilla y en el primer cartílago costal.

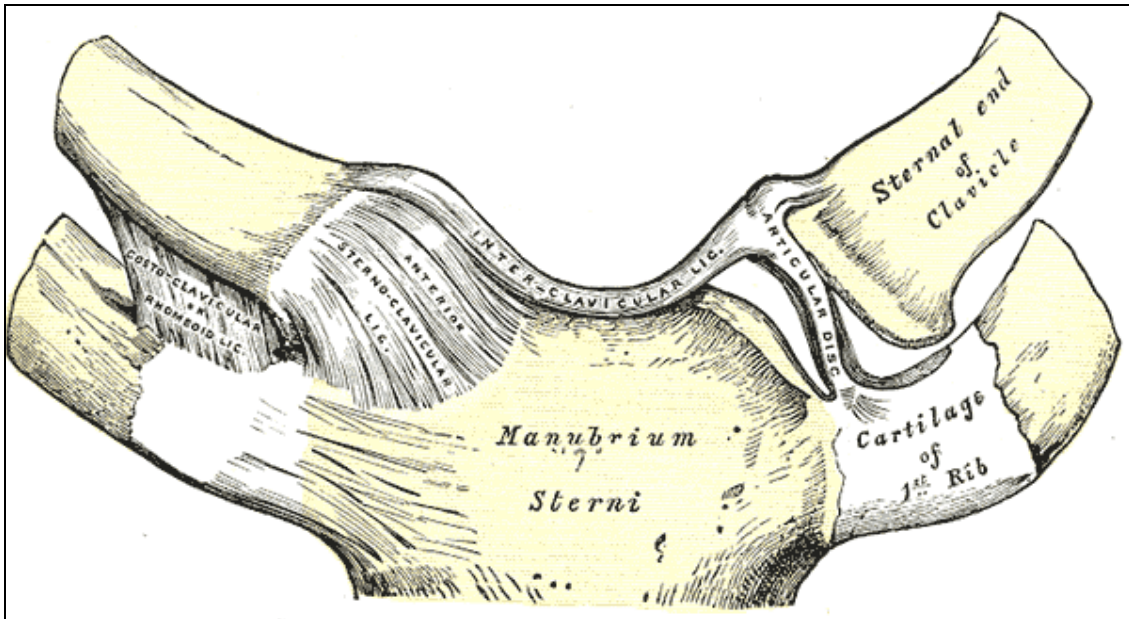


Figura 5. Vista de la articulación esterno-clavicular con exposición del sistema de ligamentos, cápsula y disco intrarticular.
(Williams PL et al. Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

3.1.4. Función de la clavícula:

La clavícula es un hueso sin cavidad medular, pero que es clasificado como un hueso largo. Se le reconocen cuatro funciones principales

- Servir de apoyo para la inserción de grupos musculares localizados a caballo entre la región cervical y torácica (ECM, EH, trapecio, pectoral mayor, deltoides).
- Actuar como punto de apoyo para que la articulación glenohumeral se mantenga en el plano parasagital y, de ese modo, aumentar el rango de movimiento potencial del hombro.
- Transmitir las cargas de la extremidad superior hacia el esqueleto axial.
- Proteger el paquete neurovascular a su paso desde el tórax y la región cervical hacia la extremidad superior.

A pesar de ello, la clavícula no se considera en general un hueso esencial. De hecho, su exéresis quirúrgica completa (claviculectomía) no supone en algunos casos un motivo de disminución funcional sustancial para el hombro. Los raros casos de ausencia congénita de la clavícula no suponen, más allá del defecto estético, una disminución funcional sustancial y, en los casos de ausencia bilateral, dan lugar a una hiper movilidad de los hombros. En estos casos, la estructura ósea de la clavícula se halla sustituida por una banda fibrosa que aparentemente cumple sus funciones (Scheuer L, Black S, 2000).

3.2. RECUERDO EMBRIOGÉNICO:

En los mamíferos, el proceso de formación del tejido óseo u osteogénesis deriva de una diferenciación o especialización del tejido mesenquimatoso. Esta diferenciación deriva en unas regiones anatómicas de la transformación del tejido cartilaginoso en óseo y, en otras, de la diferenciación en tejido óseo de una matriz mesenquimatosa más primitiva. A la primera forma de diferenciación se le denomina **osteogénesis endondral** y a la segunda **intramembranosa**.

Algunos autores, como Holden L (Holden L. 1882; Last R.J. 1973) han propuesto que estas diferencias derivan de la diversa necesidad filogenética de las distintas regiones anatómicas para desarrollar el proceso de la osteogénesis según la función futura a la que el hueso se dedicará. Así, regiones como el cráneo precisan una osificación precoz para asegurar la protección del encéfalo del embrión. Del mismo modo, las costillas y la mandíbula son regiones que precisan asegurar precozmente una cierta osificación para permitir las correctas funciones de respiración y de succión del recién nacido. Estas regiones presentan patrones de osificación intramembranosa, más precoz que el patrón endondral en su maduración. Se ha postulado, también, que este tipo de hueso, que sufre una osteogénesis intramembranosa sería una suerte de "hueso dérmico" o un remanente filogenético del exoesqueleto de nuestros antepasados.

Frente a este modelo de osteogénesis dicotómica, algunos otros huesos presentan un patrón de maduración mixto. En sus primeras fases presentan una forma de maduración ósea intramembranosa para en sus fases finales de maduración pasar a formar tejido cartilaginoso desde el cual pasar a realizar una maduración endondral.

La clavícula es un ejemplo de osificación en sus inicios de tipo membranoso. Autores como Todd y D'Errico pusieron en serias dudas esta diferenciación en dos formas de origen osteogénico y catalogaron de "fantasiosa" la teoría que establecía que la clavícula tenía una primera fase de osificación que se originaba directamente desde una diferenciación de tejido membranoso. Aseguraban que en sus trabajos (Todd TW. 1913; Todd TW, D'Errico J.Jr. 1928) y en los de Fawcett (Fawcett J. 1913) se había dejado claro que se podía identificar una fase de maduración cartilaginosa previamente a la maduración ósea en las clavículas humanas (*"Los seguidores de generaciones anteriores insisten desesperadamente en que existe una distinción fundamental de la clavícula frente al resto de huesos y en que es posible identificar por homología a la clavícula con otros huesos de las piernas o de otras especies; pero ello no debe cegarnos frente a la verdad de que estas así llamadas distinciones fundamentales son sólo el producto de unas observaciones insuficientes"*) (Todd TW. 1928)

No obstante, la tendencia actual parece apoyar que el desarrollo de la clavícula sigue un patrón de osificación en una parte membranoso y en otra endondral. En todo caso, la clavícula tiene un proceso de osificación peculiar: es el hueso que comienza a osificarse más precozmente

durante el periodo embrionario, junto con la mandíbula, y es el hueso largo que más tarde culmina el proceso de fusión epifisodiafisaria en el ser humano.

Autores como Ogata y Uthoff (Ogata S, Uthoff HK. 1990) y Montenegro et al (Montenegro et al. 2004), entre otros, han estudiado de forma sistemática la evolución durante el periodo embrionario de la osificación de la clavícula.

Ogata y Uthoff estudiaron una población de 46 embriones y fetos humanos de 6 a 12 semanas de maduración (14 a 56 mm de longitud nalga-cráneo). En estos fetos se disecaron las clavículas mediante disección microscópica y las piezas se analizaron mediante técnicas de histopatología. Para realizar un estudio de comparación de la osteogénesis entre especies, Montenegro et al estudiaron mediante la misma técnica 18 fetos humanos de 12 a 40 semanas de gestación y 15 fetos de ratones de 15 a 20 días de gestación.

Antes de que comience el proceso de osteogénesis, en la localización de la clavícula se forma una acumulación fibrocelular en la 5ª semana de gestación (Gardner E. 1968). Esta acumulación celular conforma una banda de tejido mesenquimal reconocible al final de la 5ª semana. La disposición de esta banda, sobre la que se formará la futura clavícula, es oblicua, con elevación de la porción distal. Esta disposición inclinada de la clavícula se mantiene durante todo el periodo fetal y hasta el cuarto año de vida no se acaba de producir la horizontalización de la clavícula.

La osificación de la clavícula se inicia con la formación de dos núcleos de osificación membranosa entre los estadios 17 y 19 de Streeter (semanas 5º a 6º), que se fusionan entre sí en el estadio 20 (una semana más tarde). Uno de los núcleos es más medial y el otro más lateral, siendo mayor y más activo el medial. Esta mayor actividad se aprecia tanto durante el periodo fetal como ya en la fase adulta durante el crecimiento en longitud de la clavícula. Estos dos núcleos se sitúan en la zona que corresponde con la unión entre el tercio medio y distal de la clavícula.

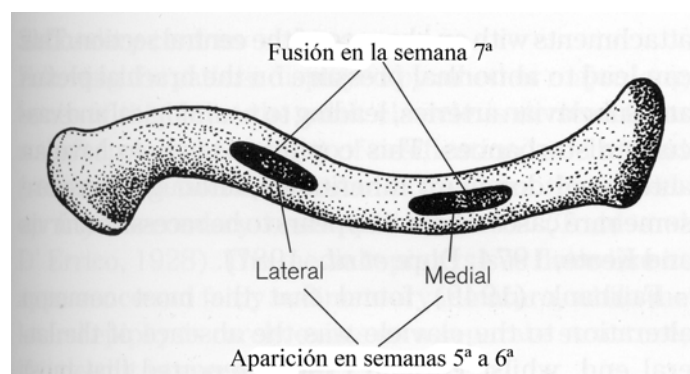


Figura 6. Esquema de los dos núcleos de osificación primarios de la clavícula durante el periodo intraútero (Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press 2000)

En el estadio 22 de Streeter, a ambos extremos del núcleo fusionado de osificación membranosa de la clavícula se forman dos núcleos “precartilaginosos” por acumulación de condrocitos. Estas formaciones “precartilaginosas” o cartílagos secundarios tienen algunas características que las diferencian morfológicamente de los cartílagos primarios de los huesos largos, que se forman directamente desde un molde cartilaginoso y no desde un molde membranoso. Una de las mayores diferencias radica en el hecho que en los cartílagos claviculares, la proliferación celular ocurre en el tejido conectivo de la capa proliferativa y estas células no forman columnas, en cambio en los huesos largos, la actividad mitótica ocurre en la zona de cartílago hiperplásico, a partir de condrocitos en reposo, donde originan los grupos isógenos axiales (Montenegro et al. 2004).

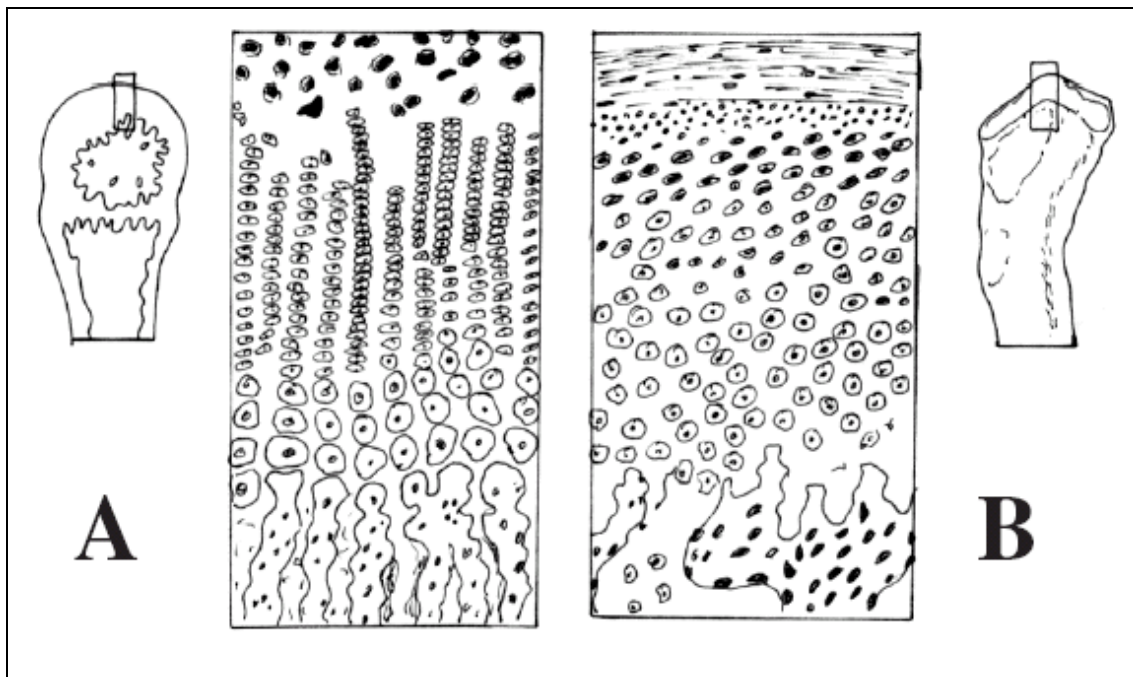


Figura 7. Diagrama de los cartílagos articulares en crecimiento de un hueso largo (A) y de la clavícula (B) (Montenegro MA et al. 2004)

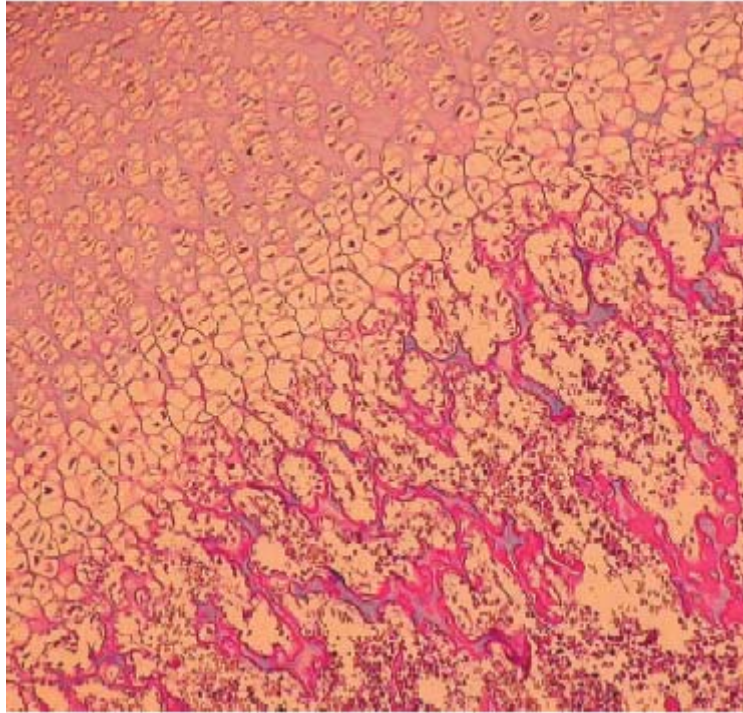


Figura 8. Se muestra el cartílago de crecimiento del húmero de un feto humano de 22 semanas. Tinción: Hematoxilina-Eosina. 100X. (Montenegro MA et al. 2004)

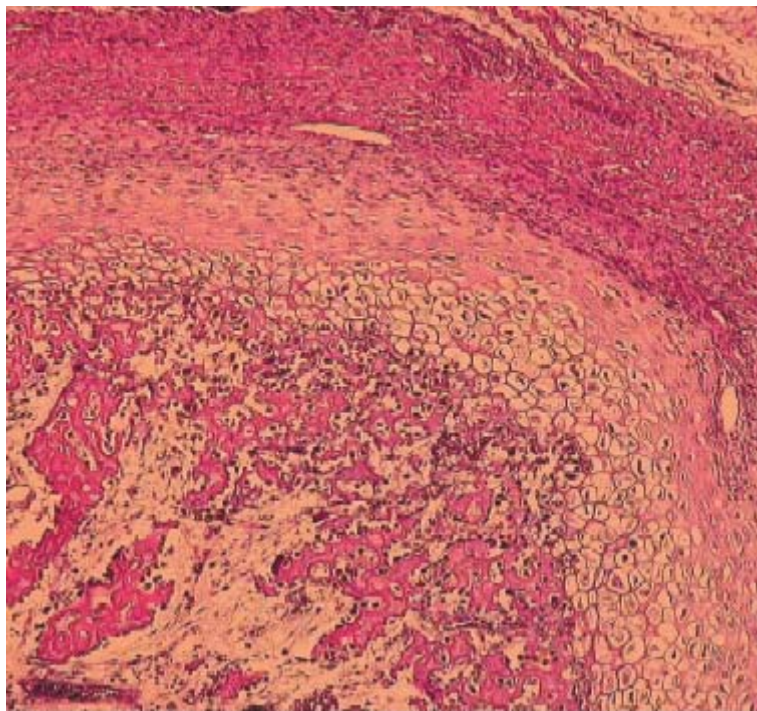


Figura 9. Se observa el cartílago secundario de la clavícula del mismo feto de la figura anterior. Tinción: Hematoxilina-Eosina. 100X. (Montenegro MA et al. 2004)

Las características morfológicas apreciadas en el cartílago secundario de la clavícula son similares a las apreciadas en otros cartílagos secundarios formados a raíz de un molde membranoso, como los de la mandíbula y la articulación temporo-mandibular con los que muestra grandes similitudes. Parece ser que, además, la composición bioquímica de estos cartílagos secundarios es distinta de la de los cartílagos primarios de crecimiento de los huesos largos.

La expresión de BMP-4 observada en las clavículas de los fetos humanos y de ratón, es similar a la del fémur y húmero, lo que indica que el proceso de osificación a partir de los condrocitos hipertróficos tiene características similares en ambos casos. Además, estas mismas características se han observado en la ATM.

Sin embargo, la técnica de picosirius-polarización muestra que además del colágeno tipo II, existe gran cantidad de colágeno tipo I en las capas superficial, proliferativa y madurativa de los cartílagos claviculares. En las placas de crecimiento del fémur y del húmero no existe colágeno tipo I, sino colágeno tipo II. La presencia de cartílago tipo I en la matriz extracelular de las capas fibrosa, proliferativa y de cartílago hipertrófico, ha sido también demostrada en las articulaciones temporomandibulares de ratón (Mizoguchi I et al, 1990) y humana (Wurgaft R, Montenegro MA, 2003).

Estas características permiten explicar por qué los cartílagos de crecimiento de los huesos largos y los de clavícula y mandíbula parecen responder de forma distinta a los requerimientos mecánicos, hormonales y metabólicos. Además, también permiten explicar por qué los defectos de osificación congénitos de la clavícula suelen asociarse con los de la mandíbula y huesos craneales primariamente con osificación membranosa, dando lugar a la llamada disostosis cleidocraneal (Williams PL et al, 1995). Algunos autores, sin embargo, consideran que esta interpretación del origen de la citada disostosis supone una excesiva simplificación (Scheuer L, Black S, 2000).

Los estudios de Ogata, además, parecen despejar las dudas sobre algunas hipótesis clásicas relativas a la maduración de la clavícula. Así, Frost en 1983 (Frost HM, 1987) aseguraba que la morfología en S de la clavícula era el resultado de la adaptación de este hueso a los requerimientos mecánicos a los que se somete a la cintura escapular durante el periodo postnatal. Sin embargo, Ogata observa que ya desde la semana 9ª de gestación, la morfología de la clavícula es curvada, lo que sugiere que su morfología adulta es independiente de requerimientos funcionales. Del mismo modo, la teoría de la génesis de la pseudartrosis congénita de clavícula propuesta por Fawcett (1913) parece descartada al apreciarse la fusión de los núcleos de osificación membranosos; del mismo modo la tesis de Lloyd-Roberts (Lloyd Roberts GC et al, 1975) sobre el posible origen de la pseudartrosis congénita basado en la compresión y pulsación por la arteria subclavia sobre el núcleo primario de osificación durante

el periodo embrionario parece descartada ya que la localización de este núcleo es ajena a la situación anatómica de dicha arteria.

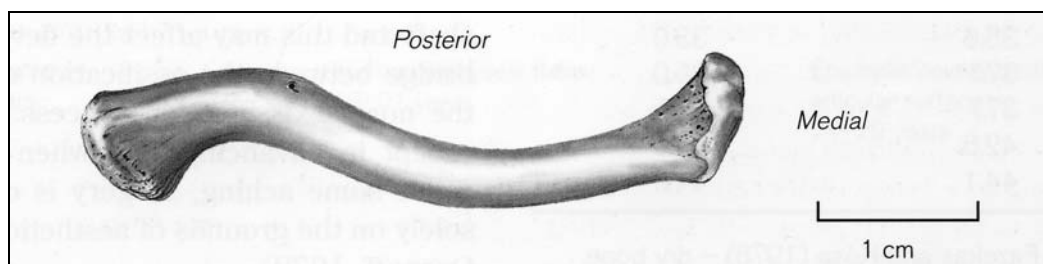
En la comparación entre especies puede apreciarse que en los reptiles primitivos, la cintura pectoral está formada por una escápula dorsal y dos elementos ventrales: una precoracoides anterior (craneal) y una coracoides posterior (dorsal). Estos tres elementos son homólogos de los tres de la cintura pélvica: ilion con la escápula, pubis con precoracoides e isquion con coracoides. En este contexto, la clavícula es una adición a la cintura pectoral sin equivalente pélvico. Se le considera un "hueso dérmico" o un remanente filogenético del exoesqueleto de nuestros antepasados y, por tanto, morfológicamente distinto del resto de la cintura pectoral.

No existe acuerdo sobre si la precoracoides de los reptiles se conserva en el esqueleto humano. No obstante, algunos autores sugieren que el hecho de que el núcleo primario de la clavícula sea doble podría ser el producto de la fusión del núcleo de la precoracoides y del núcleo "dérmico" de la clavícula.

Entre los mamíferos, la clavícula no se encuentra en las especies que tienen miembros superiores ventrales destinados principal o totalmente a la progresión, como ungulados y carnívoros. Está presente y bien desarrollada en mamíferos que utilizan miembros superiores prensiles, como roedores, primates o el hombre.

3.3. OSIFICACIÓN POSTNATAL DE LA CLAVÍCULA:

Como ya se ha comentado más arriba, la clavícula es un hueso largo atípico. Dejando a un lado la discusión sobre el origen membranoso de su osificación, tiene la característica de ser el hueso largo que más precozmente inicia el proceso de osificación durante el periodo embrionario y, al tiempo, el que más tardíamente culmina el proceso de osificación con la fusión de su epífisis medial.



*Figura 10. Aspecto de la clavícula del neonato
(Scheuer L, Black S. Developmental Juvenile Osteology. Academic Press 2000)*

Hasta el nacimiento, tras la formación del núcleo de osificación durante el periodo embrionario, y después de éste el único cambio que se aprecia en la clavícula del subadulto es el aumento progresivo en su longitud total. En la tabla 1 se incluyen los resultados del estudio morfológico de Fazekas y Kosa (Fazekas IG y Kósa F, 1978) y del estudio mediante ultrasonidos de Yarkoni et al (Yarkoni S et al , 1985) sobre la evolución de la longitud de la clavícula con la edad gestacional en fetos. Los resultados de estos estudios indicaron que la clavícula en el periodo intrauterino crece a una velocidad sorprendentemente alta de 1 mm por semana. En el momento del nacimiento llega a medir unos 40 a 41 mm.

Sherwood et al en 2000 publicaron un estudio sobre edad gestacional en 552 fetos entre 15 y 43 semanas de gestación a los que se les practicó autopsia clínica completa (Sherwood RJ et al, 2000). La edad gestacional se calculó a partir de registros precisos de la fecha de último ciclo menstrual previo al embarazo. En estos fetos analizaron parámetros de diversas medidas corporales (longitud de extremidades, longitud del pie, distancia cráneo-vértex, circunferencia craneal y abdominal, peso corporal y peso cerebral) y se compararon los resultados de las medidas antropométricas tanto desde el punto de vista del examen externo, como de medidas realizadas sobre radiografías. Los resultados se compararon con series previas y se incluyeron las series realizadas sobre medidas obtenidas en fetos vivos mediante ultrasonidos. El estudio demostró que el parámetro que mejor correlacionaba la edad gestacional con las medidas antropométricas era, sorprendentemente, el obtenido mediante radiografías tras realizar correcciones para minimizar el efecto de la magnificación radiológica. De entre estas medidas obtenidas mediante radiografías, la longitud del fémur fue la medida más fiable. Las medidas externas obtenidas en la autopsia, posiblemente estaban influenciadas por la interferencia en las

mediciones de las posturas en flexo de los fetos y, por tanto, por la imposibilidad de evitar la falta de precisión por la aposición de tejidos blandos. En relación con las series que utilizaban medidas obtenidas por técnicas de ultrasonografía, los autores indican que son causas comunes de error en las medidas obtenidas mediante ultrasonografía: falta de una metodología estandarizada para las mediciones obtenidas mediante US; limitaciones de resolución del método de US que tiene una resolución promedio de 1 a 2 mm; dificultades para establecer de forma clara los planos en los que se hallan los fetos, lo que induciría un error en las medidas de dimensiones bidimensionales (Cronk CE, 1983). Además, en la serie estudiada por Sherwood et al, se pudo observar que ciertas anomalías cromosómicas misceláneas o la espina bífida y anencefalia pueden influir en las medidas de longitudes de los miembros. Por ello, los autores alertan sobre las limitaciones de los estudios que utilizan como fuente de estudio fetos de edad gestacional conocida que derivan de abortos espontáneos, ya que pueden incluir errores en las medidas corporales derivadas de su utilización para estudios comparativos de poblaciones sanas.

Edad fetal (semanas)	Longitud clavicular máxima (mm)	
	Fazekas, Kósa	Yarkoni et al
12	8.2	... ..
14	11.1	... ..
16	16.3	17.0
18	19.4	19.0
20	22.7	21.0
22	24.5	23.0
24	26.9	25.0
26	28.3	27.0
28	30.3	29.0
30	31.3	31.0
32	35.6	33.0
34	37.1	35.0
36	37.7	37.0
38	42.6	39.0
40	44.1	41.0

Tabla 1. Datos longitud clavicular en fetos según Fazekas y Kósa (1978) en hueso fresco y Yarkoni et al (1985) mediante ultrasonidos (Scheuer LJ y Black SM. Developmental Juvenile Osteology. Academic Press. 2000)

En 2004, Jit, Harjeet et al presentan un trabajo sobre la longitud de clavículas en adultos y también en recién nacidos y en fetos (Kaur et al 2002). La muestra de fetos fue de 28 hombres y 24 mujeres y la de recién nacidos de 13 hombres y 12 mujeres. Sus resultados se resumen en las tablas 4 y 5.

Un estudio de Black y Scheuer de 1996 (Black y Scheuer, 1996) se centra en la evolución de la osificación y del crecimiento de la clavícula desde el nacimiento y hasta el desarrollo de las epífisis. Al parecer, es este el único estudio sobre este asunto publicado. La muestra de estudio

estuvo constituida por 109 clavículas de sujetos entre 0 y 16 años de edad en los que se midió la longitud de las clavículas (tabla 2). En toda la muestra se valoró, además, la existencia de núcleos epifisarios secundarios y su grado de fusión con la diáfisis. Los sujetos de estudio fueron restos cadavéricos de edad conocida y procedentes de varias colecciones de restos óseos de poblaciones europeas actuales:

- Colección Spitalfields del Museo de Historia Natural de Londres, constituida por esqueletos de los siglos XVIII y XIX;
- Colección de la cripta de la iglesia de St. Bride en Londres, con restos de esqueletos del siglo XX;
- Colección de la cripta de la iglesia de St. Barnabas de Londres, con esqueletos de los siglos XVIII y XIX;
- Colección del Museo Bocage en Lisboa, con esqueletos del siglo XX

Los resultados del estudio sugirieron que parece existir un crecimiento progresivo tras el nacimiento, aunque con una velocidad más lenta que en el periodo fetal (tabla 3). Hacia los 5 a 7 años parece existir una pequeña aceleración en el ritmo de crecimiento, pero éste se enlentece nuevamente y parece recobrase hacia la pubertad. No obstante, las autoras indican que la muestra de población hasta los 16 años, que fue aquella en la que se midió la longitud de las clavículas, era insuficiente para permitir llegar a resultados estadísticos significativos. En particular, hasta los 11 años estaba relativamente bien representada, pero no en edades superiores.

EDAD	Spitafields		St. Bride		St. Barnabas		Portugal		TOTAL
	HOM	MUJ	HOM	MUJ	HOM	MUJ	HOM	MUJER	
0-5	27	16	5	5	1	0	5	6	65
6-10	3	0	4	0	0	1	2	2	12
11-15	0	3	0	1	0	0	3	5	12
16-20	2	3	2	0	0	0	6	1	14
21-25	3	1	8	2	0	0	0	2	16
26-30	2	7	3	3	0	0	6	3	24
TOTAL	37	30	22	11	1	1	22	19	143

Tabla 2. Muestra de población en el estudio de Black y Scheuer sobre longitud de la clavícula en subadultos según la población de origen, el sexo y la edad de los restos (Black y Scheuer 1996)

Edad	Longitud clavicular máxima (mm)		
	N	Media	Rango
0 – 6 meses	11	44.4	38.8 – 54.5
7m – 1 año	9	54.1	48.0 – 60.9
1 – 1.5 años	11	59.5	54.3 – 66.0
1.5 – 2 años	4	63.0	61.4 – 64.6
2 – 3 años	13	66.5	58.5 – 72.6
3 – 4 años	7	73.4	69.1 – 77.0
4 – 5 años	8	74.4	65.3 – 82.0
5 – 6 años	2	75.9	74.7 – 77.0
6 – 7 años	4	86.5	85.4 – 88.8
7 – 8 años	1	89.5	89.5
8 – 9 años	3	89.0	78.5 – 98.7
9 – 10 años	0	...	... ...
10 – 11 años	2	103.7	103.0 – 104.0
11 – 12 años	2	105.0	104.5 – 105.0
12 – 13 años	3	106.4	102.5 – 111.3
13 – 14 años	2	118.6	117.0 – 120.1
14 – 15 años	2	118.5	113.5 – 123.5
15 – 16 años	3	137.7	127.0 – 154.0

Tabla 3. Medidas de la clavícula en subadultos (Black SM, Scheuer LJ. 1996)

FETOS	Hombres			Mujeres			
	Edad(*)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)
30-40	1	5.0	5.0				
41-50	2	8.7	9.2				
51-60	2	10.5	10.2				
61-70	2	11.0	11.0				
71-80	1	11.5	12.0	1	11.0	12.0	
81-90	1	12.0	14.0	1	12.0	12.0	
91-100	1	13.0	14.0	2	13.5	14.0	
101-110	1	14.0	14.0	1	14.0	15.5	
111-120	1	15.0	15.0	1	14.0	16.0	
121-130	1	15.0	16.0	1	15.0	16.0	
131-140	1	16.0	16.0	2	17.0	16.5	
141-150	1	19.0	20.0	1	18.0	18.0	
151-170	1	20.0	20.0	1	20.0	20.0	
171-190	1	21.0	21.0	1	20.0	20.0	
191-210	1	23.0	25.0	1	25.0	23.0	
211-240	1	27.0	28.0	1	27.0	26.0	
241-250	1	29.0	29.0	1	29.0	30.0	
251-260	2	31.4	30.9	3	30.4	30.0	
261-270	2	32.3	32.6	2	31.0	32.0	
271-280	2	34.0	33.5	2	33.3	33.7	
281-290	1	35.4	35.4	1	34.0	36.0	
291-299	1	37.0	37.0	1	36.0	37.0	

(*) Edad en longitud CR en mm

(**) Longitud en mm.

Tabla 4. Resultados de la serie de Kaur, Harjeet et al de 2002 sobre la longitud de las clavículas en su muestra de fetos (Kaur et al 2002)

RECIEN NACIDOS	Hombres			Mujeres		
	Edad(*)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)
301-310	2	38.2	37.5	3	37.8	37.3
311-320	1	38.5	37.5	-	---	---
321-330	3	39.8	38.8	2	38.7	39.0
331-340	1	41.0	39.0	1	39.0	40.0
341-350	2	42.7	42.0	1	40.0	41.0
351-360	3	45.0	45.5	2	42.0	41.5
361-370	1	47.0	47.0	3	44.3	44.3

(*) Edad en longitud CR en mm

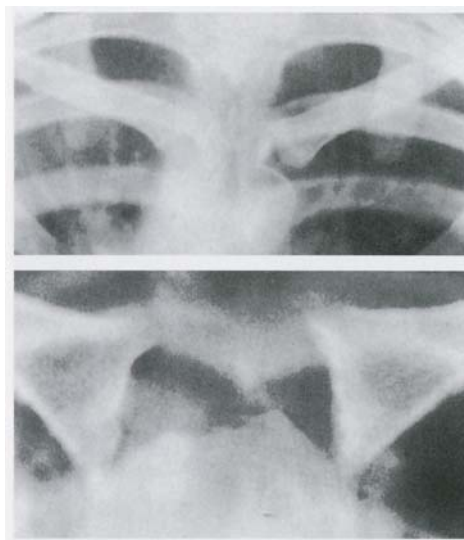
(**) Longitud en mm.

Tabla 5. Resultados de la serie de Kaur, Harjeet et al de 2002 sobre la longitud de las clavículas en su muestra de recién nacidos (Kaur et al 2002)

3.4. ANATOMÍA RADIOLOGICA:

En los estudios de radiografías simple de la clavícula en sujetos vivos, se aprecian una serie de características que pueden ser consideradas normales.

El extremo proximal de la clavícula adopta una morfología similar a un champiñón durante la primera década de la vida. Los bordes son suaves con contorno irregular. En la segunda década, la clavícula adopta una morfología similar a la de una copa (Fig. 11) con los bordes aún irregulares. En la tercera década, alrededor de los 25 años, adopta una morfología más regular, con una pequeña depresión central o surco en su mitad articular (Freyschmidt J et al, 2003).



*Figura 11. Extremidad proximal de la clavícula en un niño de 9 años (arriba) y en una niña de 12 años (abajo).
(Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)*

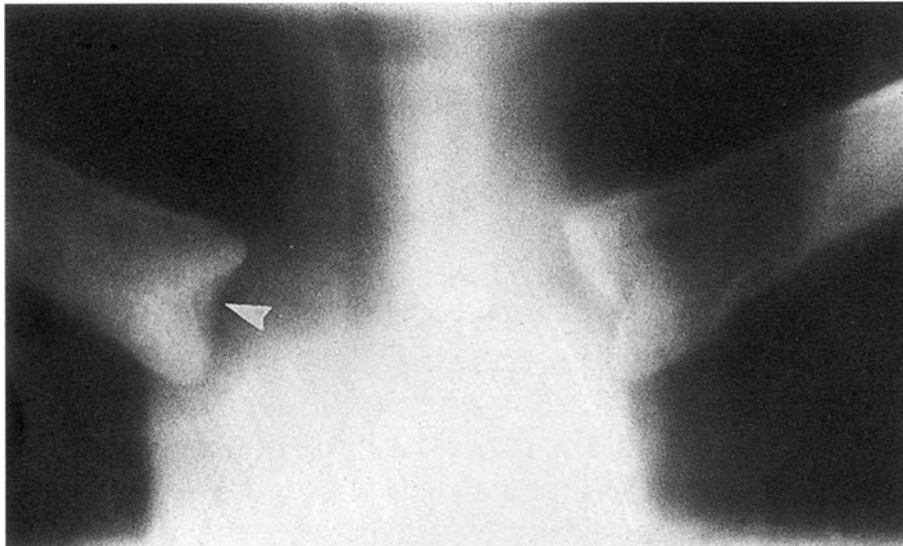


Figura 12. Extremidad proximal de la clavícula con desarrollo inicial de la epífisis y formación de un surco en la copa diafisaria (varón 16 años)
 (Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)

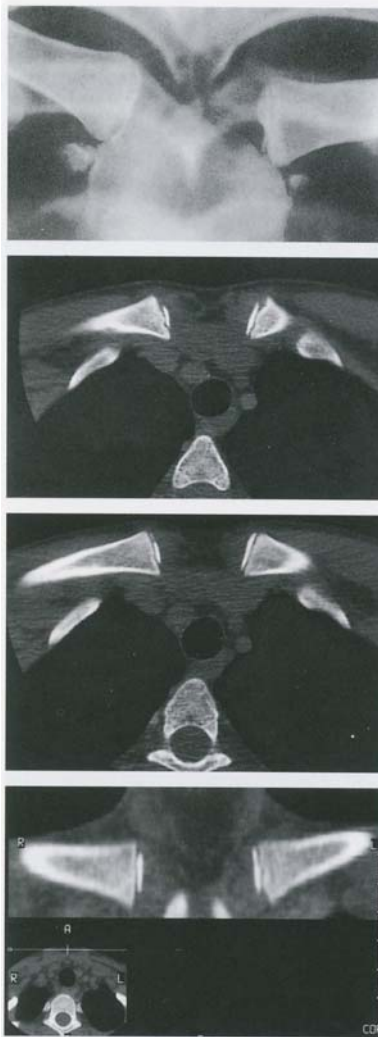
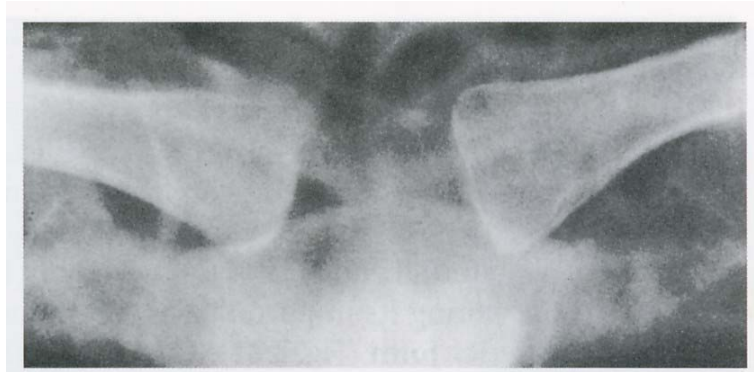
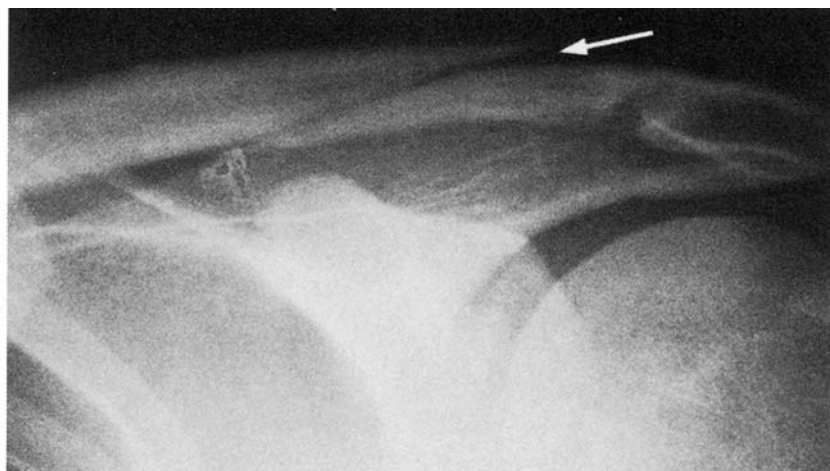


Figura 13. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula. Imagen (a) de varón de 21 años con fusión parcial de la epífisis. Imágenes (b-d) cortes de TAC que revelan una ausencia de fusión entre epífisis proximal y diáfisis de la clavícula.
 (Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)



*Figura 14. Aspecto de la extremidad proximal de la clavícula del adulto, ya fusionada y con aspecto de sello (varón de 27 años).
(Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)*

La morfología de la clavícula es curvada y, por ello, debe tenerse cuidado al interpretar posibles deformidades en estudios radiológicos. Además, las proyecciones atípicas pueden llegar a indicar erróneamente la existencia de ciertas anomalías por la simple superposición de porciones de la escápula o costillas.

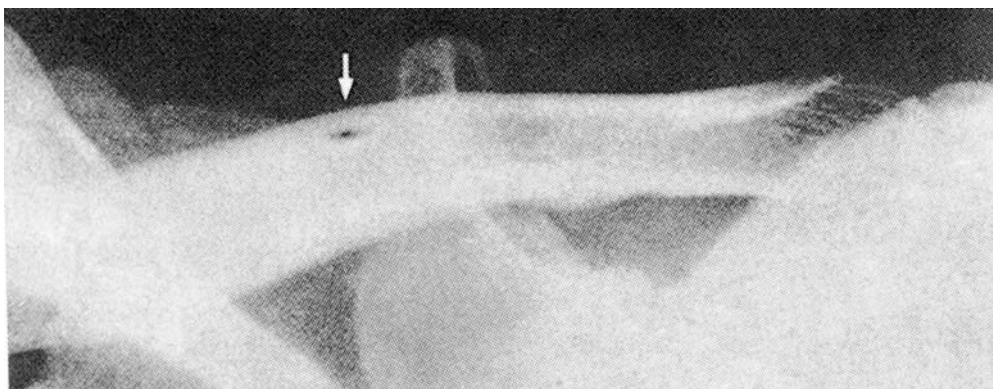


*Figura 15. Imagen de aparente fractura de clavícula por superposición del contorno de la escápula.
(Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)*

En las radiografías normales, se observa una sombra radiológica en banda de unos 4 mm de grosor paralela al borde óseo superior de la clavícula que corresponde con la proyección de la piel que se sitúa sobre la clavícula .

En muchos pacientes, se observa un defecto en la porción superior del tercio medio de la clavícula. Este defecto corresponde con el foramen del canal del fascículo medio del nervio

supraclavicular, que según los anatomistas se observa en el 2 a 6 % de la población. Además, puede observarse en algunos casos el canal nutricio en la unión de los tercios medio y lateral (Fig. 15).

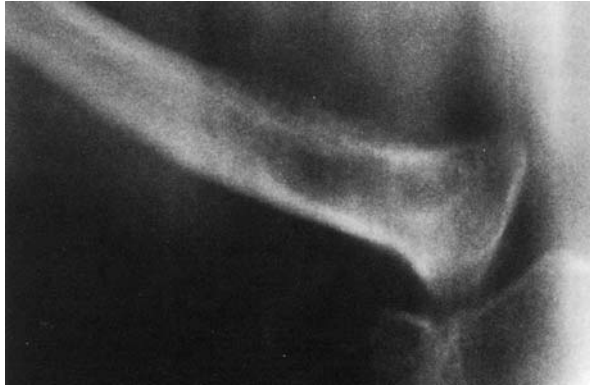


*Figura 16. Foramen para el nervio supraclavicular.
(Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)*

La zona donde se inserta en la clavícula el ligamento coraco-clavicular puede presentar una pequeña depresión, irregularidades corticales o, incluso, un pequeño tubérculo sobreelevado denominado tubérculo conoide o coracoide. En el caso del ligamento costo-clavicular, que se inserta en la porción inferior del borde medial, se observa una pequeña depresión que puede ser muy marcada en el caso de sujetos que desarrollan actividades de carga. En estos mismos sujetos, se pueden encontrar zonas de irregularidad y engrosamiento en el borde superior medial, en la zona de inserción de los músculos esternocleidomastoideo y esternohioideo.



*Figura 17. Depresión correspondiente con la inserción clavicular del ligamento costo-clavicular (fosa romboidea).
(Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)*

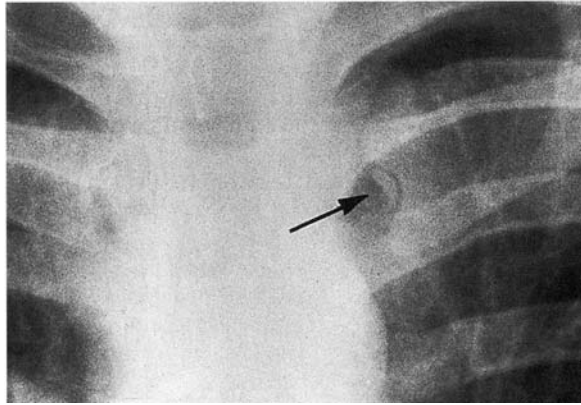


*Figura 18. Engrosamiento de la zona de inserción de los músculos esterno-oido y esterno-cleidomastoideo
(Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)*

En la zona de la articulación esterno-clavicular, puede observarse la existencia de fenómenos degenerativos desde los 20-30 años de edad que se inician en el disco intrarticular en imágenes de TAC y RMN y que a los 50 años pueden ser muy acusados aún en pacientes asintomáticos. En un 8 % de sujetos estos cambios se asocian con la presencia en TAC de imágenes de vacío en el interior de la articulación. Estas imágenes se llegan a observar en sujetos de apenas 20 años de edad, pero son raras antes de los 40 años.

Se consideran algunas variantes de normalidad:

1. La persistencia de núcleos de osificación en el borde esternal no fusionados. Radiológicamente, se observan como con forma desde aplanada como un disco hasta con forma redondeada. En los casos más extremos, el borde esternal tiene forma de tenedor o de boca de pez incluso con ausencia de núcleo epifisario en su interior.
2. La existencia de una articulación costo-clavicular, en lugar de las normales inserciones del ligamento costoclavicular ya descritas.
3. Duplicación de la clavícula.



*Figura 19. Ausencia de fusión persistente en región epifisaria proximal de la clavícula (imagen en boca de pez).
(Freyschmidt J et al. Koehler/Zimmer Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Thieme 2003)*

Kumar et al elaboraron un pequeño catálogo de las anomalías visibles radiológicamente más frecuentes, que incluía (Kumar et al 1989):

(1) Anomalías congénitas:

- Ausencia de clavícula (la ausencia completa de la clavícula es considerada como una auténtica displasia. Dentro del síndrome de displasia cleido-craneal, se observan anomalías en manos y cráneo combinadas con defectos amplios del extremo acromial de la clavícula)
- Pseudartrosis de clavícula
- Síndrome Holt-Oram
- Osteogénesis imperfecta
- Oxalosis

(2) Anomalías traumáticas:

- Fracturas (pueden existir en el parto, dando lugar a callos de fractura que ya son visibles a los 8 o 9 días. En la infancia, pueden llegar a formar el 50% de las fracturas de la articulación del hombro, pero son difíciles de evidenciar ya que suele tratarse de fracturas en tallo verde. Se localizan preferentemente en el tercio medio. En el adulto también se localizan en el tercio medio en un 80 % y sólo en un 5 % de casos asientan en el tercio medial. Radiográficamente deben diferenciarse de otras imágenes radiológicas muy evidentes, como canales nutricios, canales nerviosos o efectos de sobreimposición radiológica (Figura 15).
- Epifisiolisis esterno-clavicular
- Luxaciones (conforman el 1% de todas las luxaciones. Raramente son luxaciones posteriores, clínicamente muy complejas por afectación de vasos, esófago y tráquea. Pueden ser difícilmente visibles radiológicamente las luxaciones anteriores y se considera que son más valorables en estudios de TAC)

- Osteolisis postraumática
- Osteitis condensante
- Efectos de las radiaciones
- Osteomielitis
- Osteomielitis crónica primaria infantil

(3) Neoplasias:

(3.1) Tumores benignos:

- Enostosis o islotes óseos
- Quiste óseo simple o unicameral
- Tumor de células gigantes
- Quiste óseo aneurismático
- Displasia fibrosa
- Hemangioma
- Granuloma eosinofílico

(3.2) Tumores malignos:

- Metástasis
- Mieloma
- Sarcoma osteogénico
- Histiocitoma fibroso maligno
- Sarcoma de Ewing
- Leucemia y linfoma

(4) Anomalías endocrinas:

- Hiperparatiroidismo

(5) Artritis:

- Artritis Reumatoide
- Espondilitis Anquilopoyética e Hiperostosis idiopática difusa

(6) Miscelánea:

- Hiperostosis cortical infantil (Enfermedad de Caffey), que puede confundirse con los pequeños despegamientos corticales propios de fracturas corticales en casos de posible maltrato infantil.
- Osteoartropatía hipertrófica
- Enfermedad de Paget
- Neurofibromatosis
- Talasemia
- Hiperostosis esternoclavicular

- Gancho lateral de la clavícula (asociado a otras anomalías, como el síndrome de Holt-Oram o la trisomía 18)
- Melorheostosis



Figura 20. Osteitis condensante.

3.5. ESTUDIOS DE POBLACIÓN RELATIVOS A LOS PARÁMETROS IDENTIFICABLES DE MADURACIÓN DE LA CLAVÍCULA CON LA EDAD

3.5.1. Fusión de la epífisis esternal o proximal con la diáfisis

El proceso de fusión de la epífisis proximal de la clavícula con la diáfisis ha sido estudiado a lo largo de la historia por diversos autores tanto mediante métodos osteológicos, como mediante métodos radiográficos y, en los últimos años, mediante técnicas de análisis radiográfico de imagen bi y tridimensionales, como la Tomografía Axial Computarizada (TAC).

Uno de los primeros estudios que analizaron este parámetro y que lo relacionaron con las evidencias previas disponibles en diversos tratados de medicina y anatomía y algunas escasas publicaciones, fue el realizado por Stevenson en 1924 (Stevenson, 1924). En este primer estudio general sobre el orden de osificación de las epífisis de los huesos largos en el ser humano, Stevenson incluyó algunas conclusiones sobre los hitos de maduración de la epífisis esternal de la clavícula. Su estudio incluyó 110 restos óseos de individuos provenientes de la Colección del Laboratorio de Anatomía del Museo Hamann (Western Reserve University de Cleveland, Ohio, USA). La muestra estudiada incluyó una población de (tabla 6):

EDAD	Caucasoides		Negroides		TOTAL
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	
15	...	...	...	1	1
16	...	...	...	...	0
17	...	...	1	2	3
18	2	2	5	1	10
19	2	1	3	...	6
20	3	1	5	2	11
21	2	...	4	...	6
22	4	...	9	...	13
23	4	1	7	...	12
24	4	...	4	2	10
25	5	3	1	2	11
26	4	...	4	...	8
27	7	1	3	...	11
28	2	1	5	...	8
TOTAL	39	10	51	10	110

Tabla 6. Muestra de población de la serie de Stevenson, 1924.

En su muestra de población, analizó el proceso de fusión considerando 4 estadios de fusión para todos los huesos analizados de la colección:

- Estadio 1: estadio de no unión entre epífisis y diáfisis
- Estadio 2: estadio de unión parcial entre ambas
- Estadio 3: estadio de fusión reciente, caracterizada por la persistencia de una fina línea de demarcación entre las dos zonas en fusión que no se han fusionado aún plenamente. No se debe confundir con la llamada “cicatriz epifisaria” que, según el autor, es propia del estadio 4.
- Estadio 4: estadio de unión completa, en el que puede persistir la llamada “cicatriz epifisaria”.

Autor	Estadio 1	Estadio 2	Estadio 3	Estadio 4
Henle (1871)	18
Krause (1909)	20 - 22
Bryce (1911)	25
Dwight (1911)	18
Poirier (1911)	25
Dixon (1912)	25
Lewis (1918)	25
Testut (1921)	22-25
Thompson (1921)	25
Terry (1925)	25
Stevenson (1924)	... – 23	22 – 24	24 – 26	24 – 28

Tabla 7. Resultados de la serie de Stevenson (1924) sobre los estadios de fusión de la epífisis esternal de la clavícula aplicados por el autor en relación con la edad de los sujetos de estudio y su comparación con los datos manejados en la literatura médica hasta ese momento.

En este estudio, Stevenson apuntó una distribución por edades diferenciada para los distintos estadios considerados. Comparó sus resultados con otras series previas recogidas en tratados de anatomía. Las fuentes muestrales de estos autores precedentes, que también habían estudiado este fenómeno, no fueron especificadas por parte de estos. Tales estudios no habían analizado el parámetro mediante un sistema de calificación en estadios como el propuesto por Stevenson, sino que simplemente habían indicado si la fusión se había completado o no, sin especificar qué grado de fusión se había considerado en los resultados. Por ello, sus resultados son una simple orientación sobre el estado de la cuestión antes del trabajo de Stevenson.

Stevenson indicaba que, en la serie general de todos los huesos estudiados, los estadios analizados no eran demasiado precisos. En realidad, los estadios 1 y 2 serían para el autor

subfases o matices de un mismo fenómeno: el de inicio de la fusión una vez los bordes de epífisis, cuando ésta se ha desarrollado, y diáfisis están adyacentes. Las fases 3 y 4, por su parte, serían fases de una misma unión completa entre ambas. Según el autor, en todas las epífisis estudiadas, estas diferencias entre estadios eran poco significativas y responderían a fenómenos de maduración de apenas meses. Únicamente en el caso de la clavícula, por sus ritmos lentos de maduración, entendía el autor que el sistema propuesto de clasificación de la fusión en estadios podría ser útil, más allá de los simples datos de unión o no unión considerados por autores precedentes.

En la serie de Stevenson, se apreciaron signos de unión parcial en la epífisis esternal de la clavícula a los 22 años. Existían datos de unión reciente y completa habitual a los 27 años y sólo a los 28 años el 100 % de la muestra presentaba una unión completa.

El estudio de Stevenson ha sido criticado en cuanto a su validez por autores posteriores, como Webb y Suchey (Owings Webb PA, Suchey JM, 1985). Estos autores han considerado que la serie de la Western Reserve Collection, usada por Stevenson (Stevenson, 1924) y, posteriormente, por Todd y D'Errico (Todd TW, D'Errico J Jr , 1928) tenía dos problemas de validez como muestra: (1) los registros de edad de los restos óseos no eran fiables, porque el registro municipal de nacimientos en el tiempo de nacimiento de los sujetos no lo era; y (2) la distribución por edades y sexos era inadecuada para poder alcanzar resultados válidos. De los 165 sujetos incluidos en el estudio de Todd (110 en el caso de Stevenson), las edades estaban restringidas a los 17 a 29 años, con edades más bajas infrarrepresentadas y una proporción de mujeres escasa, de sólo 36 sujetos frente a 129 hombres. También Flecker en 1942 (Flecker H, 1942) criticó el trabajo, indicando que era un ejemplo de aquellas publicaciones que sin pruebas o datos contrastados se hacían en años previos sobre el proceso de la osificación epifisaria en relación a la edad.

En todo caso, el trabajo de Stevenson fue uno de los primeros en intentar dar una validez metodológica a sus estimaciones, utilizando muestras de población relativamente amplias y aplicando criterios de estimación de fusión en forma de estadios definidos que permitían definir fases de dicha fusión al modo que actualmente se utiliza en los diversos estudios actuales sobre muestras osteológicas y radiológicas.

Todd y D'Errico, en 1928, volvieron a estudiar la misma colección osteológica de la Western Reserve, ampliada hasta 165 sujetos (Todd TW, D'Errico J Jr , 1928). En este caso, además, estudiaron 700 restos óseos de mamíferos no humanos adolescentes y 800 estudios radiográficos de niños.

En relación con el estudio de la epífisis medial, los autores observaron que se empezaba a unir con la diáfisis hacia los 20 o 22 años de edad. El proceso de fusión era más lento que en otros

huesos de la extremidad superior, de modo que podía tardar hasta los 25 años en presentar una fusión completa. En general estimaron que el proceso de fusión puede tardar unos 2 años en completarse. Para los autores, no estaba claro por qué se producía este retardo en la clavícula, cuando en otros huesos de la extremidad superior el proceso de fusión desde que empieza hasta que está completo no suele demorar más allá de unos meses.

Los autores propusieron que es posible que los núcleos epifisarios de la clavícula no lleguen a completar su fusión con las diáfisis. De este modo, las epífisis podrían no llegar a osificarse o no fusionarse con las diáfisis o podrían hacerlo de forma incompleta o, incluso, podrían osificarse sin llegar a fusionarse ni tan siquiera parcialmente con las diáfisis, formando huesos supernumerarios en el adulto. Estos fenómenos aseguraron haberlos apreciado en ambas epífisis claviculares. La fusión parcial, en particular, era un fenómeno habitual, según los autores, en las epífisis claviculares.

En la comparación intramuestral, al comparar hombres con mujeres y caucasoides con negroides, no apreciaron diferencias significativas. Se relacionó también el tiempo de fusión de ambas epífisis, medial y lateral, en otros mamíferos y en humanos. De este modo, la epífisis lateral parecía fusionarse más tarde en humanos, pero la medial se fusionaba a la misma edad relativa. Parece que en los *Sciurus* la epífisis medial se fusionaba antes de que el tercer molar hubiese completado su maduración y antes de que se hubiese fusionado la epífisis distal del fémur. En los *Midas Rosalia* el proceso también era similar, pero parece que el resto de primates tenían una fusión más tardía de la clavícula, similar a la humana.

Entre 1933 y 1942, Flecker publicó dos estudios sobre la secuencia de maduración epifisaria utilizando como fuente de estudio placas radiográficas obtenidas de población hospitalaria australiana (Flecker H, 1933 y 1942). En ambos estudios puso sus hallazgos generales sobre las epífisis de los huesos largos en relación con estudios previos, siendo las series comparadas:

- Galstaun G (1930): estudios radiográficos en la extremidad superior en 100 niñas de 13 a 19 años de edad de origen hindú y anglo-hindú.
- Sidhom G, Derry DE (1931): estudios radiográficos de 400 niños egipcios de 14 a 20 años de edad.
- Pryor JW (1908,1916,1925,1925,1933): estudios radiográficos del carpo en 554 niños australianos de 3 meses a 14 años de edad y 140 fetos de 10,5 a 38 semanas (71 hombres y 69 mujeres).
- Borovansky L y Hnevkovsky O (1929): estudios radiográficos de extremidades superiores e inferiores en 352 niños checos menores de 19 años. El estudio da una secuencia de osificación, aunque no da datos estadísticos contrastables (número de casos por cada edad).

- Davies DA, Parsons FG (1927): estudios radiográficos generales en población caucásica de Inglaterra. El estudio daba una secuencia de la osificación, pero no datos estadísticos útiles.
- Paterson RS (1929): 1000 estudios radiográficos de huesos largos de sujetos provenientes de Inglaterra. El estudio no daba datos estadísticos útiles para su comparación.
- Francis CC (1940): estudió a niños 25 varones y 25 mujeres de cada uno de 4 grupos: (a) alimentación materna (b) sin alimentación materna (c) con problemas gastrointestinales y (d) muertos por enfermedad severa. La conclusión del estudio es que "la osificación epifisaria es un indicador objetivo de la salud constitucional más preciso que la talla o el peso" y "enfermedades severas o prolongadas detienen el desarrollo general, pero la osificación epifisaria es la que muestra un mayor retardo". Confirma uno de los primeros estudios en confirmar la existencia de factores externos definidos que afectan de forma previsible al normal ritmo de maduración ósea.
- Meenes TO y Holly LE (1932): estudian 500 radiografías de recién nacidos de menos de 48 horas, 263 varones y 237 mujeres. Estudiaron húmero, mano, fémur y pie.
- Adair FL y Scammon RE (1921): estudiaron 100 radiografías de recién nacidos de menos de 48 horas, 45 mujeres y 55 varones. Estudiaron fémur, pie y mano.
- Stevenson PH (1928): ya apuntado en líneas precedentes
- Francis CC y Werle PB (1939): estudiaron 622 niños de clase media americana (307 varones, 315 mujeres) de menos de 5 años. Se les realizaron radiografías a los 3, 6, 9 y 12 meses y, luego, cada 6 meses hasta los 5 años.

La serie estudiada por Flecker incluía 50 fetos de 8,5 a 38 semanas de gestación a los que se les practicaron estudios radiográficos completos. Analizó en su serie, además, 862 clavículas de sujetos menores de 30 años, incluyendo en su resultados 601 casos entre 11 y 26 años de edad. Su población la constituyeron sujetos provenientes de una población australiana de pacientes del Hospital Prince Henry de Melbourne.

El estudio, en relación con la epífisis proximal de la clavícula se centró en determinar si la epífisis proximal de la misma era identificable o no en las radiografías, sin especificar su grado de fusión, sino sólo la capacidad de identificarla en la imagen.

EDAD	Total Mujeres	Epífisis identificable	% A	% B	Total Hombres	Epífisis identificable	% A	% B
11 años	15	2	13,33	2,22	5	2	40,00	3,08
12 año	15	0	0,00	0,00	11	1	9,09	1,54
13 años	6	2	33,33	2,22	15	0	0,00	0,00
14 años	8	2	25,00	2,22	11	2	18,18	3,08
15 años	17	4	23,53	4,44	11	1	9,09	1,54
16 años	19	4	21,05	4,44	16	1	6,25	1,54
17 años	20	10	50,00	11,11	20	7	35,00	10,77
18 años	11	9	81,82	10,00	20	3	15,00	4,62
19 años	36	14	38,89	15,56	14	8	57,14	12,31
20 años	41	16	39,02	17,78	23	7	30,43	10,77
21 años	26	11	42,31	12,22	26	17	65,38	26,15
22 años	20	5	25,00	5,56	19	7	36,84	10,77
23 años	23	4	17,39	4,44	20	5	25,00	7,69
24 años	26	4	15,38	4,44	30	2	6,67	3,08
25 años	26	2	7,69	2,22	27	2	7,41	3,08
26 año	12	1	8,33	1,11	12	0	0,00	0,00
Total	321	90	28,04	100,00	280	65	23,21	100,00

Tabla 8. Resultados del estudio de Flecker en 1942 sobre la identificación de la epífisis externa de la clavícula en estudios radiográficos. El valor % A corresponde con la proporción de epífisis identificadas entre las clavículas estudiadas por cada grupo de edad. El valor % B corresponde con la proporción en cada grupo de edad de epífisis identificadas en relación con el total de las identificadas en la muestra.

El estudio, desde el punto de vista del análisis de la presencia o no en las radiografías de epífisis identificable en el extremo externo, propone una secuencia con un punto de partida en el cambio registrable cuando el 20 % de la población muestra la epífisis (tabla 8). Los sujetos en los que no se identifica la epífisis incluyen tanto aquellos que no la han desarrollado aún, como aquellos en los que se ha fusionado con las diáfisis sin dejar restos de osificación.

En relación con la secuencia de osificación, indica que:

- El caso más precoz de aparición de la epífisis fue de 11 años y 7 meses en mujeres y 11 años y 8 meses en hombres.
- El caso más tardío de identificación de la epífisis ha sido de 25 años y 11 meses en mujeres y 25 años en hombres.
- Las epífisis se identifican raramente más allá de los 17 a 22 años. En ningún grupo de edad se identifica la epífisis clavicular en más del 65 % de los sujetos.

Conclusiones similares habían llevado a autores precedentes a sugerir que este centro de osificación podría ser un centro inconstante en el ser humano. Según su criterio, sin embargo, esta dificultad para identificar la epífisis externa sería más bien debida a la dificultad de su identificación en las radiografías, en parte, por la irregularidad de la extremidad medial de la clavícula y, en parte, por el solapamiento de otras estructuras en las imágenes de tórax.

Así mismo, hizo hincapié en el hecho de que si se quiere valorar la evolución de un fenómeno fisiológico una muestra de pacientes enfermos de un hospital no es adecuada y podría introducir un sesgo que tornaría los resultados falaces.

Galstaun en 1937 publicó un estudio sobre los ritmos de desarrollo y fusión de las epífisis de los huesos largos en una amplia muestra de población radiográfica (Galstaun G, 1937). La muestra global estuvo constituida por casi 7000 radiografías de sujetos que incluían a todas las castas de la ciudad de Calcuta, India. La serie incluía a sujetos de todas las clases sociales y tanto de religión hindú como mahometana. El único requisito previo para su inclusión en el estudio fue el de disponer de una edad conocida con certeza. La muestra que se utilizó para el estudio de la clavícula la constituyeron 655 varones y mujeres entre 12 y 25 años de edad. El estudio en la epífisis proximal de la clavícula identificó la aparición de la misma y su fusión con la diáfisis sin definir estadios de ésta.

EDAD Nº		MUJERES		EDAD Nº		VARONES	
		Aparición Epif.- Fusión Epif.				Aparición Epif.- Fusión Epif.	
12	23	0	...	12	64	0	...
13	22	0	...	13	26	0	...
14	30	2	...	14	26	0	...
15	21	1	...	15	71	3	...
16	37	20	...	16	53	3	...
17	11	10	...	17	37	16	...
18	21	21	...	18	21	9	0
19	5	5	...	19	19	12	4
20	15	5	10	20	41	20	19
21	4	...	4	21	12	4	8
22	9	...	9	22	29	8	21
23	4	...	3	23	14	3	11
24	5	...	5	24	14	2	12
25	2	...	2	25	19	...	19
TOTAL:209		33		446		83	

Tabla 9. Resultados de la serie de Galstaun (1937) sobre fusión de la epífisis proximal de la clavícula. Se identifican el número de casos por grupo de edad en los que se identifica la epífisis esternal en radiografía y aquellos en los que ésta se ha fusionado con la diáfisis.

Galstaun indicó en su estudio que existen dificultades en el estudio radiográfico para identificar la extremidad proximal de la clavícula. Sin embargo, sugirió que inclinar levemente al sujeto en el momento de la realización de la placa limitaría estas dificultades.

En general, se apreció mayor precocidad en mujeres en cuanto al desarrollo y fusión de las epífisis de huesos largos que en hombres. Apuntó que ya Adair y Scammon (Adair y Scammon, 1921) encontraron que estas diferencias, más precoces en las mujeres, se apreciaban incluso durante el periodo fetal.

El autor encontró pequeñas disparidades en cuanto a los tiempos de aparición y fusión entre lado derecho e izquierdo, pero las consideró poco importantes, pese a no cuantificarlas. Este resultado era contradictorio con lo indicado por un autor previo, Pryor (Pryor, 1923), quien indicaba que la maduración epifisaria era siempre simétrica.

Al comparar los resultados de su serie con las de Paterson en Inglaterra (Paterson, 1929), Flecker en Australia (Flecker, 1933) y Sidhom y Derry en Egipto (Sidhom y Derry, 1931), y comprobar adelantos madurativos en la misma frente a algunas como la de Flecker, sugirió que existiría una posible influencia de la localización geográfica sobre el ritmo de maduración. De este modo, la maduración será más lenta en países nórdicos y más rápida en países ecuatoriales. Propuso que éste sería el resultado de un metabolismo más acelerado en general como consecuencia no tanto de factores raciales como de la exposición a rayos UV en una proporción distinta, más directa y abundante en el Ecuador.

Su muestra incluyó sujetos de distintos estratos sociales de la población de Calcuta y no se apreciaron diferencias significativas por razón de origen o estrato social.

Al intentar establecer el grado de fusión de las epífisis, el autor decidió desechar el sistema de estadios de fusión propuesto por él mismo en un trabajo previo (Galstaun G, 1930). El sistema propuesto incluía los estadios:

- Estadio 1: recién comenzado
- Estadio 2: comenzando,
- Estadio 3: casi completo y
- Estadio 4: completo.

En vez de graduar el nivel de fusión según la progresión de la misma, decidió valorar sólo si existía una epífisis visible o no y si ésta se hallaba fusionada o no. Esta decisión la adoptó tras considerar las recomendaciones previas de Flecker (Flecker 1933) y Sidhom y Derry (Sidhom y Derry, 1931) y valorar su experiencia personal en la que en la mayoría de los casos, la epífisis tras aparecer demoraba apenas unos pocos meses en fusionarse con la diáfisis de forma completa. Por ello, entendió que intentar ser muy preciso en el grado de fusión no aportaba mayor valor al resultado como predictor de la edad "normal" en la que el proceso se produce, sino que podía inducir a error en la interpretación de los resultados.

El autor identificó la llamada "cicatriz epifisaria", motivo de controversia en clasificaciones actuales, con el residuo del disco de hueso osteogénico de la placa epifisaria y diafisaria. Este, según el autor, sería radiológicamente visible, pero no tendría ningún significado porque, como residuo del proceso de fusión epífisis-diafisario, podría desaparecer en unos meses o

permanecer inalterado sin más significación que una mera variación de la normalidad. Desde el punto de vista osteológico, además, lo realmente importante sería que epífisis y diáfisis, tanto si la "cicatriz" es visible como si no, no se separarían al intentar macerar el hueso.

Esta "cicatriz epifisaria" ya había sido previamente descrita en estudios radiográficos por Sidhom y Derry (Sidhom y Derry, 1931), quienes identificaron en el proceso de fusión epifisaria tres fases diferenciadas:

- fase 1: entre epífisis y diáfisis hay una capa definida de cartílago, radiológicamente una capa lúcida, y, en sus límites, dos superficies óseas una en la epífisis y la otra en la diáfisis. Desde estas placas se produce la osteogénesis;
- fase 2: las dos superficies óseas se funden entre sí y son radiológicamente visibles como una única capa;
- fase 3: desaparece la placa de hueso en la zona de crecimiento.

La fase 2 correspondería con la existencia en el estudio radiográfico de esta llamada "cicatriz epifisaria".

Según Galstaun, por tanto, en su serie, las mujeres presentaron epífisis visible entre los 14 y 16 años de edad y ésta se fusionó con la diáfisis habitualmente hacia los 20 años. En hombres, la epífisis apareció entre los 15 y 19 años y se fusionó en torno a los 22 años.

En 1977, Szilvassy publicó un estudio sobre una muestra de clavículas procedentes de cadáveres autopsiados (Szilvassy J, 1977). El estudio osteológico lo realizó sobre un total de 140 clavículas obtenidas en 70 autopsias de sujetos entre 18 y 30 años de edad. En este estudio analizó la morfología de la porción esternal de dichas clavículas definiendo tres estadios de maduración:

- ESTADIO 1: Superficie de la cara diafisaria irregular, con aspecto coralino y reborde irregular ondulado.
- ESTADIO 2: La lámina epifisaria se ha desarrollado y unido a la diáfisis, pero su contorno es aún definible.
- ESTADIO 3: La lámina epifisaria y la diáfisis están unidas completamente, de modo que la epífisis ya no es individualizable y la superficie es regular.

Estos estadios podían ser equivalentes en estudios precedentes con:

- primer estadio equivalente con los estadios 0 y 1 de la clasificación de Stevenson
- segundo estadio, equivalente al estadio 2 de los de la clasificación de Stevenson
- tercer estadio, equivalente con los estadios 3 y 4 de Stevenson.

Las conclusiones del estudio indicaron que el aspecto morfológico de la cara externa de la clavícula varía con la edad del sujeto en el aspecto morfológico. De este modo, a pesar de no especificar resultados exactos, los rangos de edad en los que identificó estos cambios fueron:

- Estadio 1: 18-20 años
- Estadio 2: 21-25 años
- Estadio 3: 26-30 años

Un año antes, en 1976, Jit y Kulkarny presentaron las conclusiones de su estudio sobre la maduración de la epífisis externa de la clavícula (Jit I, Kulkarny J, 1976). El estudio se basó en radiografías de tórax postero-antérieures de una muestra de población de sujetos de origen hindú del Punjab (India). En los casos en los que la radiografía PA de tórax daba datos dudosos se realizaron estudios de radiografía oblicua de tórax para poder definir la epífisis clavicular medial, según las recomendaciones de Galstaun (Galstaun G, 1937). Se estudiaron un total de 684 sujetos: 293 mujeres y 391 hombres. La edad de la población se distribuyó entre los 11 a 30 años de edad.

El sistema de asignación de estadios radiográficos fue:

- ESTADIO 0: No se encuentra epífisis.
- ESTADIO 1: Se encuentra epífisis no fusionada.
- ESTADIO 2: Epífisis parcialmente fusionada.
- ESTADIO 3: Epífisis totalmente fusionada.

La distribución de resultados se recoge en la tabla 10. Las tablas 11 y 12 recogen los resultados de comparación intersexual en cuanto a la correspondencia de edades medias y desviaciones estándar respectivas y la comparación relativa a los casos extremos más jóvenes y la edad en la que en el 100 % de la muestra se pudo observar uno u otro estadio de maduración, distribuidos por sexos.

Las conclusiones en la serie de Jit y Kulkarny fueron que :

- En caso de epífisis visible y no fusionada (estadio 1): edad estimada debe ser menor de 22 años y, en caso de varones, mayor de 14 y, en caso de mujeres, mayor de 11 años.
- En caso de epífisis parcialmente fusionada (estadio 2): edad estimada entre 18 y 24 años
- En caso de epífisis completamente fusionada (estadio 3): edad estimada mayor de 22 años.

En el mismo estudio, Jit y Kulkarny comprobaron el correlato osteológico del método radiográfico mediante el estudio de 52 casos postmortem correspondientes a 39 varones y 13 mujeres. Descubrieron que los hallazgos radiográficos pueden ser difíciles de correlacionar con el aspecto morfológico. De este modo, puede ser difícil distinguir entre una clavícula medial sin epífisis y una en la que la epífisis se ha fusionado completamente con la diáfisis.

El aspecto radiológico de la epífisis fue variable en forma, tamaño y disposición, siendo común que no ocupase toda la superficie de la diáfisis.

Sin embargo, osteológicamente, pudo observarse que el borde diafisario de una clavícula sin epífisis o con la epífisis no fusionada era característicamente coralino; una vez se ha fusionado la epífisis, el aspecto del borde diafisario era suave y regular. Tales hallazgos son comparables con los ya descritos un año después en el estudio de Szilvassy de 1977 (Szilvassy. 1977).

EDAD	VARONES					MUJERES				
	Nº	Estadio 0	1	2	3	Nº	Estadio 0	1	2	3
11	0	...	...	...	...	2	1	1	...	...
12	2	2	...	...	...	9	7	2	...	...
13	0	...	...	...	...	19	13	6	...	...
14	10	9	1	...	...	14	12	2	...	...
15	21	14	7	...	...	31	13	18	...	...
16	19	14	5	...	...	16	9	7	...	...
17	40	12	28	...	...	26	6	20	...	...
18	94	30	52	12	...	56	10	36	10	...
19	76	...	51	25	...	23	...	17	6	...
20	30	...	15	15	...	24	...	3	21	...
21	25	...	6	19	...	17	...	1	16	...
22	22	...	...	17	5	12	...	...	12	...
23	10	...	...	3	7	10	...	...	6	4
24	12	...	...	2	10	12	...	...	...	12
25	10	...	...	...	10	10	...	...	...	10
26	20	...	...	...	20	12	...	...	...	12
TOTAL	391					293				

Tabla 10. Resultados de la serie de Jit y Kulkarny sobre radiografías de tórax en relación con los estadios de fusión de la epífisis proximal de la clavícula (Jit y Kulkarny, 1976)

ESTADIO	VARONES	MUJERES	Valor P (dif intersex)
1 (Presencia, sin fusión)	16,70 +/- 1,01 años	15,23 +/- 1,00 años	> 0,05
2 (Fusión parcial)	20,60 +/- 1,31 años	20,48 +/- 1,37 años	> 0,05
3 (Fusión completa)	24,09 +/- 1,07 años	24,16 +/- 0,67 años	> 0,05

Valores de edades medias +/- SD; valor P indica diferencias intersexuales no significativas.

Tabla 11. Resultados de la serie de Jit y Kulkarny en relación la distribución media intersexual de los distintos estadios de maduración (Jit y Kulkarny 1976)

ESTADIO	VARONES:	Caso Más precoz	100 % de casos	MUJERES:	Caso más precoz	100% de casos
1 (no fusión)		14,8 años	19-20 años		11,5 años	19-20
2 (fusión parcial)		18,0 años	22-23 años		18,3 años	22-23
3 (fusión completa)		22,1 años	> 25 años		23,0 años	> 24 años

Tabla 12. Resultados de la serie de Jit y Kulkarny en relación con la distribución de casos más precoces de aparición de un determinado estadio de maduración y edad en la que el 100 % de la muestra presenta dicho estadio de maduración (Jit y Kulkarny, 1976).

AUTOR	MUESTRA POBLACION			ESTADIO 1	ESTADIO 2		ESTADIO 3		
	Sex	No.	Age		MÁS PRECOZ - MÁS TARDIO		MÁS PRECOZ - MÁS TARDIO		
Stevenson (26) (1924.USA)	?	50	21-27	...	21	25	23	28	
Todd y D'Errico (1928.USA) (28)	Hombre	130	17-29	...	21 W 19 B*	27 WB*	23 W 22 B*	28 W 29 B*	
	Mujer	36		...	19 W 22 B*	24 WB*	25W 22 B*	25 WB*	
Flecker (1933.Australia) (29)	Hombre	206	11-26	12-25	...	...	...	26
	Mujer	231	11-26	11-26	...	...	...	>26
Flecker (1942.Australia) (30)	Hombre	280	11-26	11-25	...	...	...	25a
	Mujer	321	11-26	11-26	...	...	...	25a 11m
McKern-Stewart (1957.USA) (48)	Hombre	374	17-31	...	18	30	23	31	
Davies (49) (1969.UK)	Hombre	17	22(50% muestra)
	Mujer	15	21(50% muestra)
Warwick & Williams (49) (1973.UK)	Hombre		Late teens and early twenties	Soon after appearance	
	Mujer	"	
Galstaun (31) (1937.Bengala)	Hombre	446	12-25	15-19		19		25	
	Mujer	209	12-25	14-16		20		24	
Jit & Kulkarni (1976.Punjab) (47)	Hombre	391	11-30	14-19	18	23	22	>25	
	Mujer	293	11-30	11-19	18	23	23	>24	

Tabla 13. Resultados comparativos de la serie de Jit y Kulkarny en relación con estudios previos (Jit y Kulkarny, 1976)

En 1985, Owings Webb y Suchey presentaron su trabajo sobre la fusión de la epífisis proximal de la clavícula y sobre la fusión de la cresta iliaca (Owings Webb PA, Suchey JM, 1985). Su estudio incluyó una población osteológica de 830 casos procedentes de autopsias realizadas entre 1977 y 1979 en Los Ángeles, California (USA). La muestra de población fue multirracial, con inclusión de sujetos caucasoides, negroides y mongoloides. La distribución por sexos fue de 205 mujeres y 625 hombres.

El estudio se centró en el análisis en ambas clavículas de cada sujeto de la extremidad esternal de la clavícula comparándolas con un sistema de estadios osteológicos desarrollados a tal efecto. Los estadios definidos fueron:

- ESTADIO 1: sin unión entre epífisis y diáfisis, sin presencia de epífisis esternal
- ESTADIO 2: sin unión, pero con presencia de epífisis
- ESTADIO 3: unión parcial entre epífisis y diáfisis
- ESTADIO 4: unión completa

EDAD	CLAVICULAS ANALIZADAS	
	VARONES	MUJERES
11	4	2
12	0	0
13	6	1
14	13	6
15	24	18
16	49	11
17	44	14
18	65	30
19	62	22
20	50	30
21	63	18
22	79	29
23	61	24
24	54	32
25	74	12
26	38	30
27	65	18
28	42	37
29	42	21
30	58	22
31	...	19
32	...	17
33	...	24
34-39	...	42
31-40	254	...
TOTAL	1147	479

Tabla 13. Distribución de población en la serie de Owings Webb y Suchey de 1985

Distribución de resultados (mínimo - máximo):

Varones:	Estadio 1:	11 - 25 años
	Estadio 2:	16 - 21 años
	Estadio 3:	17 - 30 años
	Estadio 4:	21 - 40 años
Mujeres:	Estadio 1:	11 - 23 años
	Estadio 2:	16 - 21 años
	Estadio 3:	16 - 33 años
	Estadio 4:	20 - 39 años

Tabla 14. Distribución de resultados en la serie de Owings Webb y Suchey de 1985

Los resultados de la serie de Webb y Suchey se recogen en la tabla 14. El acuerdo entre observadores en la estimación de los resultados fue del 95 % para el método osteológico propuesto.

Se propusieron como criterios que:

- (1) si el sujeto se halla en estadio 4 (unión completa) y es varón, la edad estimada será de 21 años o mayor,
- (2) si el sujeto se halla en estadio 4 (unión completa) y es mujer, la edad estimada será de 20 años o mayor.

En el análisis comparativo de otras series, las autoras plantearon salvedades a dos colecciones osteológicas clásicas sobre las que otros autores habían realizado estudios previos. En particular, la serie de la Western Reserve Collection, usada por Todd y D'Errico (1928) y por Stevenson (1924) tenía dos problemas: de una parte, los registros de edad que manejaban no eran fiables, porque el registro municipal de nacimientos en las fechas de nacimiento de los sujetos no lo era; y, de otra, la distribución por edades y sexos era incorrecta, ya que de los 165 sujetos incluidos en el estudio de Todd, las edades estaban restringidas a los 17 a 29 años, con edades más bajas infrarrepresentadas y, además, del total de la muestra sólo 36 sujetos eran mujeres. A su vez, la serie utilizada por Mc Kern y Stewart (Mc Kern y Stewart, 1957) era sólo de varones (soldados de Corea autopsiados) entre 17 y 30 años de edad. No se disponía, por tanto, de mujeres y, además, la distribución racial fue fundamentalmente constituida por sujetos de origen caucasoide.

En su tratado de Antropología Física de 1986, Bass indicaba que se podían observar las epífisis proximales de la clavícula en sujetos a partir de 17 o 18 años y que la fusión de ésta con la diáfisis se solía producir a partir de los 23 años de edad (Bass WM, 1986).

En 1990, Mac Laughlin SM publica su estudio sobre maduración de la epífisis proximal de la clavícula en una muestra osteológica de origen portugués (Mac Laughlin, 1990). La muestra estuvo constituida por 32 sujetos procedentes de la colección del Museo Bocage de Lisboa (Portugal). De ellos, 12 fueron mujeres y 20 hombres, con unas edades comprendidas entre los 11 y 39 años de edad.

El análisis se basó en un sistema osteológico de estadios de maduración de la extremidad proximal de la clavícula constituido por 5 estadios:

- ESTADIO 1: Reborde ondulado y sistema estriado en la superficie epifisaria de la diáfisis.
- ESTADIO 2: El sistema de reborde ondulado y la superficie estriada empieza a desdibujarse un poco y se empieza a rellenar la superficie epifisaria.
- ESTADIO 3: El reborde y la superficie estriada son aún visibles, pero muy desdibujados; se empieza a fusionar el núcleo (flake) epifisario con la diáfisis.
- ESTADIO 4: El reborde y la superficie estriada no son ya visibles. El núcleo epifisario se ha unido a la diáfisis, pero es visible una línea en la zona de fusión.
- ESTADIO 5: Fusión completa.

EDAD	ESTADIO 1	ESTADIO 2	ESTADIO 3	ESTADIO 4	ESTADIO 5	TOTAL
11-14	2	...	...	...	...	2
15	1	2	...	...	...	3
16	...	2	...	...	...	2
17
18
19	...	2	...	...	...	2
20	...	1	3	...	...	4
21	...	1	...	...	...	1
22
23
24	1	...	1
25
26
27	3	...	3
28
29	2	2
30	4	4
31-39	8	8
TOTAL:3		8	3	4	14	32

Tabla 15. Resultados de la serie del Museo Bocage analizados por MacLaughlin para los estadios osteológicos propuestos por la autora (1990).

No se realizaron estudios de comparación intersexual por la escasez de la muestra. La distribución de resultados se aporta en la tabla 15.

Como hallazgos morfológicos más destacados, apuntó la autora que el reborde ondulado, como indicativo de la placa en crecimiento, aparecía claramente hasta los 15 años. El núcleo epifisario y la línea de fusión sólo se apreciaron a nivel del aspecto superior y ventral de la diáfisis; de este modo, la disposición de la epífisis proximal de la clavícula no fue central ni cubría toda la anchura de la diáfisis.

En esta serie, el primer caso de fusión parcial (estadio 3) se observó a los 20 años. El primer caso de fusión completa, con restos de una línea de zona de unión, (estadio 4) se encontró con 27 años. El primer caso sin restos de fusión (estadio 5) se observó a los 29 años.

En 1996, Black y Scheuer publicaron su estudio sobre la maduración de la epífisis esternal de la clavícula (Black y Scheuer 1996). Su muestra de población la conformaron 143 clavículas de sujetos de ambos sexos (82 hombres y 61 mujeres) provenientes de las colecciones esqueléticas de varios museos europeos: Colección Spitafields del Museo de Historia Natural de Londres (siglos XVIII y XIX), Cripta de St. Bride de Londres (siglo XX), Cripta de la Iglesia de St. Barnabas de Londres (siglos XVIII y XIX) y Museo Bocage de Lisboa (siglo XX)

Los resultados del estudio de la fusión de la epífisis esternal, basado en el sistema morfológico de cinco estadios de MacLaughlin (MacLaughlin. 1990) se recogieron en la tabla 15. Además de ello, estudiaron la longitud de las clavículas y recogieron sus datos de medidas para sujetos hasta los 16 años de edad.

Las conclusiones de su estudio indicaban que durante el periodo prepuberal, la longitud de la clavícula puede ser un buen indicador de edad. Durante el periodo postpuberal, sin embargo, sería la fusión y desarrollo de la epífisis esternal el método más útil.

El estudio recomendaba que se realizasen más estudios osteológicos de población de sujetos sanos o con causas de muerte conocidas, ya que las muestras habitualmente disponibles para el estudio osteológico durante el periodo infantil y juvenil suelen carecer de registro de causa de muerte y cabe la posibilidad de que estas mismas causas de muerte desconocidas hayan podido interferir en el normal ritmo madurativo de los sujetos.

En 1994, Ji et al comunicaron las conclusiones de su estudio sobre la maduración de la extremidad proximal de la clavícula (Ji et al, 1994). El suyo es uno de los primeros estudios con vocación claramente médico legal y orientada a la búsqueda de datos antropológicos útiles para la identificación de restos cadavéricos.

Su estudio estuvo basado en un análisis osteológico de 54 extremos esternales de clavículas derechas procedentes de sujetos de origen japonés del distrito de Hokkaido que habían sido sometidos a autopsia médico legal entre los años 1982 y 1992.

La distribución de la muestra por edades y sexos se incluye en la tabla 16.

El sistema de estadios utilizado para el análisis fue el de Mc Kern y Stewart (1957):

- ESTADIO 0: Sin unión entre epífisis y diáfisis
- ESTADIO 1: entre el estadio 0 y el 2
- ESTADIO 2: unión entre epífisis y diáfisis al 50 %
- ESTADIO 3: entre los estadios 2 y 4
- ESTADIO 4: Unión completa entre epífisis y diáfisis

Los resultados se resumen en la tabla 17.

EDAD	VARONES	MUJERES
13	1	0
14	0	0
15	0	1
16	0	1
17	1	1
18	1	1
19	3	0
20	1	2
21	3	2
22	2	1
23	2	2
24	3	5
25	1	1
26	1	0
27	5	1
28	2	0
29	1	1
30	0	0
31	4	4
TOTAL	31	23

Tabla 16. Distribución de la muestra de la serie de Ji et al de 1994.

ESTADIOS	VARONES	MUJERES
Estadio 1	13 – 21	15 – 16
Estadio 2	0 casos	17
Estadio 3	19 – 23	18 – 21
Estadio 4	19 – 24	23 – 24
Estadio 5	20 – 31	21 – 31

Tabla 17. Resultados de edades máximas y mínimas y sexos en relación con el estadio de Mac Kern y Stewart en la serie de Ji et al (1994)

En ambos sexos, se propuso como criterio que:

- (1) si el sujeto se halla en estadio 1 la edad estimada será menor de 22 años y
- (2) si está en estadio 4 la edad estimada será superior a 19 años

En su estudio indicaron, además, que la epífisis se hallaba conservada en restos óseos hallados en su distrito (Hokkaido) entre los años 1982 y 1989 hasta en restos de 10 años de data de muerte. Por ello, estimaron que su método era especialmente útil para el diagnóstico de edad en restos cadavéricos hallados en su entorno.

En 1997 sobre una población osteológica, Paredes et al elaboran un estudio sobre los ritmos de maduración de diversas regiones anatómicas en población chilena actual (Paredes et al, 1997). Entre otros elementos de estudio incluyen también la extremidad proximal de la clavícula.

En 2002, Veschi y Facchini publican un estudio sobre población de Cerdeña en la que analizaron desde un punto de vista osteológico 137 esqueletos completos entre 0 y 8 años de edad, excluyendo sujetos con patologías como anemia o raquitismo, la serie se redujo a 121 esqueletos de 0 a 8 años; de ellos, 64 varones y 57 mujeres. De la misma manera, estudiaron 132 sujetos entre 14 y 25 años (62 varones y 70 mujeres). Ambas muestras provenían del Museo de Antropología de la Universidad de Bolonia (Italia); la de adolescentes provenía de una población de Cerdeña (Veschi y Facchini, 2002).

Para valorar el grado de fusión entre epífisis y diáfisis en los huesos estudiados, utilizaron el sistema de tres estadios:

- 1- Ausencia de fusión
- 2- Fusión parcial
- 3- Fusión completa

En relación con la fusión completa de la epífisis proximal de la clavícula, pudieron apreciar que, en su muestra de población, este fenómeno se observó entre los 19 y 25 años en ambos sexos. Los resultados de su serie se incluyen en la tabla 18.

	VARONES				MUJERES			
	N	1	2	3	N	1	2	3
16-17	5	5	0	0	12	12	0	0
17-18	4	4	0	0	4	3	1	0
18-19	3	2	1	0	5	5	0	0
19-20	11	8	2	1	6	4	2	0
20-21	10	5	5	0	4	2	2	0
21-22	12	5	6	1	8	2	4	2
22-23	5	0	4	1	6	1	3	2
23-24	5	1	4	0	11	1	5	5
24-25	7	0	6	1	14	0	3	11
TOTAL	62	30	28	4	70	30	20	20

Tabla 18. Resultados de grados de fusión con la edad en sujetos entre 14 y 25 años de la serie de Cerdeña de Veschi y Facchini (2002)

En 1997 y 1998, Kreitner et al publicaron dos estudios que rompen con los habituales modos de diagnóstico en Antropología Física al analizar el ritmo de maduración de la epífisis esternal desde la práctica de exámenes de Tomografía Axial Computerizada (Kreitner et al, 1997 y 1998).

En su primer estudio de 1997, Kreitner et al analizaron una muestra de población de 297 sujetos, 110 mujeres y 169 hombres, de edades entre 0 y 30 años de edad. Estudiaron placas de TAC torácico con ventana ósea y utilizan como sistema de estadios de fusión epifisaria uno adaptado para muestra de TAC del propuesto por Webb y Suchey en 1985 para muestra osteológica:

- Estadio 1: Sin datos de fusión o de osificación de la epífisis.
- Estadio 2: Sin datos de fusión epifiso-diafisaria, pero con osificación de la epífisis.
- Estadio 3: Fusión parcial.
- Estadio 4: Fusión completa.

En su segundo estudio de 1998, analizaron mediante la misma estrategia 380 sujetos, 151 mujeres y 229 hombres, entre 0 y 29 años de edad. En ambos estudios, la población analizada fue alemana.

Los resultados del segundo estudio, en cuanto a su correlación entre edad y estadios de fusión epifisaria, se incluyen en la tabla 19. La distribución de valores máximos y mínimos de edades por estadios en la serie de 1998 fue:

- Estadio 1: 0 - 16 años
- Estadio 2: 11 - 22 años
- Estadio 3: 16 - 26 años

- Estadio 4: 22 - 29 años

Al analizar las diferencias de simetría derecha – izquierda, hallaron discrepancia en un 1,6 % de casos. Sin embargo, esta discrepancia no afectó a los valores finales de resultados.

Del mismo modo, las diferencias intersexuales entre hombres y mujeres no fueron significativas.

EDAD	ESTADIO 1	ESTADIO 2	ESTADIO 3	ESTADIO 4	TOTAL
0-4	18	...	...	...	18
5-9	22	...	...	...	22
10	7	...	...	...	7
11	7	1	...	...	8
12	5	...	...	...	5
13	8	3	...	...	11
14	5	8	...	...	13
15	2	16	...	...	18
16	1	16	2	...	19
17	...	9	4	...	13
18	...	10	7	...	17
19	...	5	15	...	20
20	...	1	21	...	22
21	...	...	15	...	15
22	...	1	14	1	16
23	...	...	12	10	22
24	...	...	6	14	20
25	...	...	5	29	34
26	...	...	2	25	27
27	...	...	...	17	17
28	...	...	...	23	23
29	...	...	...	13	13
Total:	75	70	103	132	380

Tabla 19. Resultados de estadios de fusión epifisaria en relación con la edad en la muestra de tomografía axial computerizada utilizada por Kreitner et al en 1998.

Se realizó, asimismo, un estudio de medias y desviaciones estándar (SD) y un cálculo teórico del intervalo de confianza para el 95 % sobre la estimación de edad en cada estadio partiendo de la base de los resultados de la muestra estudiada. Sus resultados se incluyen en la tabla 21.

ESTADIO	MEDIA	S.D.	Intervalo de Confianza del 95 %
Estadio 1:	...	...	0 - 16 años
Estadio 2:	16,1	1,9	12,3 - 19,9 años
Estadio 3:	20,9	2,2	16,5 - 25,5 años
Estadio 4:	...	...	22 - ... años

Tabla 20. Resultados de medias y desviación estándar (SD) para cada estadio y cálculo teórico de intervalo de confianza de resultados para el 95 % en la serie de Kreitner et al de 1998.

En función de sus resultados y cálculos estadísticos, llegaron a la conclusión de que la existencia de un hallazgo en TAC de una fusión completa entre epífisis y diáfisis de clavícula (estadio 4) indicaría una edad mayor de 20 años en el sujeto con un intervalo de confianza del 99 % y mayor de 22 años con un intervalo de confianza del 95 %.

El grosor de los cortes tomográficos utilizados en la serie de Kreitner et al fue de:

- 8 mm en 202 casos
- 5 mm en 88 casos
- 4 mm en 54 casos
- 1 a 3 mm en 36 casos

El grosor del corte tomográfico recomendado por Kreitner et al fue de 3 mm.

En el año 2004, Schmeling et al elaboraron un estudio de características similares en Alemania (Schmeling et al 2004). Su muestra de población la constituyeron 699 sujetos, 456 mujeres y 243 hombres, de edades comprendidas entre 16 y 30 años de edad. La distribución por edades y sexos se incluye en la tabla 22.

La muestra original estuvo compuesta por 873 radiografías de tórax Postero-Anteriores obtenidas mediante radiografía convencional. De ellas, sin embargo, 174 fueron desechadas porque no permitían apreciar claramente la epífisis esternal de la clavícula.

Para la interpretación de las radiografías, utilizan el mismo sistema de estadios original de Webb y Suchey (1985), utilizado por Kreitner et al en 1997 y 1998, pero modificado por la adición de un nuevo estadio:

- Estadio 1: Sin datos de fusión o de osificación de la epífisis.
- Estadio 2: Sin datos de fusión epifiso-diafisaria, pero con osificación de la epífisis.
- Estadio 3: Fusión parcial.
- Estadio 4: Fusión completa, con persistencia de la "cicatriz" de osificación.
- Estadio 5: Fusión completa y ausencia de "cicatriz" de osificación.

EDAD	VARONES	MUJERES
16	2	14
17	4	32
18	1	26
19	8	33
20	15	33
21	9	30
22	15	33
23	16	36
24	26	30
25	22	29
26	26	31
27	29	28
28	27	35
29	20	29
30	23	37

Tabla 21. Distribución de población de la muestra del estudio de Schmeling et al en 2004

Las diferencias por simetría corporal entre derecha e izquierda sólo se dieron únicamente en el 0,6 % de casos, frente al 1,6 % de Kreitner et al en 1998.

Los resultados del estudio, distribuidos por edades y sexos en relación con los estadios y considerados valores máximos y mínimos, medianas, medias y desviaciones estándar (SD) y distribución por cuartiles se recogen en la tabla 22.

Las conclusiones del estudio para la muestra analizada fueron que:

- La existencia de una fusión completa entre epifisis y diáfisis se corresponde con una edad mínima de 20 años para mujeres y de 21 años para hombres.
- En caso de discrepancia entre derecha e izquierda, se debieran utilizar los resultados del lado menos desarrollado.
- Para evitar la dificultad de ver las zonas esterno-claviculares en Rx, se recomienda realizar radiografías de tórax P-A y laterales.

ESTADIO	SEXO	Mínimo/máximo	Media +/- SD	Mediana, LQ, UQ (*)
Estadio 1:				
Estadio 2:				
Estadio 3:	Varones	16,7 - 24,0	20,8 +/- 1,7	20,9, 19,9, 22,3
	Mujeres	16,0 - 26,8	20,0 +/- 2,1	19,9 18,2 21,5
Estadio 4:	Varones	21,3 - 30,9	26,7 +/- 2,3	26,7 24,8 28,5
	Mujeres	20,0 - 30,9	26,7 +/- 2,6	26,7 24,8 28,9
Estadio 5:	Varones	26,0 - 30,4	28,5 +/- 1,5	28,3 27,1 29,9
	Mujeres	26,7 - 30,9	29,0 +/- 1,4	29,1 27,7 30,5

(*)LQ: lower quartile o cuartil inferior; UQ: upper quartile o cuartil superior

Tabla 22. resultados de la serie de Schmeling et al de 2004 para edades y sexos en relación con el estadio de fusión epifisaria observado.

Tras estos estudios, tres series nuevas han analizado nuevamente la fusión de la epífisis esternal desde la perspectiva del uso de la TAC de tórax con ventana ósea.

Schulz et al en 2005 publicaron un estudio en el que analizaron una muestra de 629 sujetos entre 15 y 30 años a los que se les realizó un estudio de TAC de tórax. La distribución de población se incluye en la tabla 24. La pruebas se habían realizado tras un traumatismo, habiéndose practicado en el lapso de 6 años (1997 a 2003). De la muestra original, se descartaron 40 placas porque se desconocía la edad de los pacientes y en otros 33 casos porque la epífisis esternal no era visible en el TAC (Schulz et al, 2005).

EDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
15	14	8	22
16	19	11	30
17	24	9	33
18	54	15	69
19	52	19	71
20	44	7	51
21	33	10	43
22	23	8	31
23	24	5	29
24	23	7	30
25	14	5	19
26	20	6	26
27	17	8	25
28	16	9	25
29	19	8	27
30	21	4	25
TOTAL	417	139	556

Tabla 23. Distribución de población en la serie de Schulz et al de 2005.

El grosor de los cortes tomográficos fue en la serie de Schulz et al de:

- 7 mm en 546 casos
- 5 mm en 2 casos
- 3 mm en 4 casos
- 2 mm en 1 casos
- 1 mm en 3 casos

Las epífisis esternales de la clavícula fueron estudiadas según el sistema de estadios de Schmeling et al (Schmeling et al, 2004): Estadios 1 a 5.

Los resultados por estadios, edades y sexos se resumen en la tabla 24.

Estadio	Sexo	Min-Max	Media +/- SD	Mediana	LQ*	UQ**
Estadio 2	Hombre	15,2-23,9	18,9 +/- 1,7	18,9	16,9	20,0
	Mujer	15,0-21,6	18,2 +/- 1,6	18,5	16,9	19,4
Estadio 3	Hombre	17,5-27,2	20,9 +/- 1,9	20,7	19,4	21,9
	Mujer	16,6-28,6	20,5 +/- 2,7	20,0	18,4	22,0
Estadio 4	Hombre	21,2-30,4	25,2 +/- 2,7	24,7	23,1	27,4
	Mujer	21,5-29,9	25,1 +/- 2,8	24,3	22,8	27,8
Estadio 5	Hombre	22,4-30,9	27,6 +/- 2,3	27,8	26,0	29,7
	Mujer	21,9-30,9	27,4 +/- 2,3	27,9	25,7	29,5

* LQ: lower quartile o cuartil inferior
 ** UQ: upper quartile o cuartil superior

Tabla 24. Resultados de la serie de Schulz et al de 2005

Se observaron diferencias de simetría corporal derecha-izquierda en el 10,5% de los casos. Los autores consideraron que ello no era estadísticamente significativo, por lo que no aportaron resultados diferenciados por simetría bilateral.

En términos generales, sus conclusiones fueron que:

- no se aprecian diferencias intersexuales significativas, salvo en el caso del estadio 2, en el que las mujeres tienen un adelanto de unos 8 meses estadísticamente significativo.
- La edad mínima estimada para estadio 4 (fusión completa con "cicatriz epifisaria") sería de 21 años para ambos sexos.

Los autores propusieron que el grosor del corte tomográfico puede afectar a la validez de los resultados para el estadio 4 o 5 y, por ello, propusieron la realización de nuevos estudios sobre la influencia del grosor de corte en la validez y reproducibilidad del resultado. Dos estudios posteriores han analizado esta misma cuestión de forma contradictoria.

Así, Schulze et al en el año 2005, estudiaron una muestra de 100 sujetos sometidos a TAC por diversas causas. Se estudiaron 50 hombres y 50 mujeres entre 16 y 25 años de edad. Los sujetos no fueron preseleccionados ni por su origen racial ni por su patología previa. Sólo se descartaron aquellas placas en las que se apreciaron datos de patología neoplásica o traumatológica que pudiese alterar la morfología de las clavículas y aquellas placas con baja calidad (Schulze et al, 2005). Las placas de TAC habían sido practicadas en el curso de estudios de:

- Tórax en 87 casos
- Cuello en 10 casos
- Esternón en 2 casos
- Tórax de alta resolución en 1 caso

Dentro de estos estudios, el grosor en milímetros de los cortes tomográficos se utilizó como un criterio de análisis con el fin de definir el grosor ideal de corte. El número de placas disponibles por grosor de corte fueron:

- Grosor del corte tomográfico de 1 mm: 1
- Grosor del corte tomográfico de 3 mm: 15
- Grosor del corte tomográfico de 5 mm: 20
- Grosor del corte tomográfico de 6 mm: 1
- Grosor del corte tomográfico de 7 mm: 62
- Grosor del corte tomográfico de 10 mm: 1

Para identificar los estadios de fusión, se utilizó el estándar de Kreitner et al de 1997: estadios 1 al 4. Según los autores, este estándar es equivalente no sólo al de Webb y Suchey de 1985, sino también al de Black y Scheuer de 1996 (y, por tanto, al de Mac Laughlin de 1990). Tal afirmación resulta dudosa a la luz de los datos manejados a lo largo de este texto.

Los estudios fueron realizados por tres observadores: un dentista, un cirujano maxilofacial y un radiólogo. La correlación entre los observadores fue correcta.

	Derecha	Izquierda	Ambos
Estadio 2			
Número	35	33	68
Media	18.16	18.01	18.09
Mediana	17.61	17.19	17.59
S.D.	2.01	2.15	2.06
Mínimo	16.04	16.04	16.04
Máximo	24.18	24.18	24.18
Estadio 3			
Número	142	137	279
Media	19.91	19.77	19.84
Mediana	19.33	19.75	19.50
S.D.	2.25	2.19	2.22
Mínimo	16.48	16.48	16.48
Máximo	25.24	25.24	25.24
Estadio 4			
Número	111	117	228
Media	23.57	23.54	23.55
Mediana	23.37	23.84	23.76
S.D.	1.47	1.45	1.45
Mínimo	19.14	19.88	19.14
Máximo	25.94	25.94	25.94

Tabla 25. Resultados estadísticos para la serie de Schulze et al del 2005. Las cifras se refieren al estudio de 2 clavículas por 3 observadores en 100 TAC, esto es 600 resultados posibles.

Los resultados de los análisis practicados se resumen en la tabla 25. En la misma no se incluyeron los datos sobre la evolución del estadio 1 por insuficiencia de casos en el rango de edad analizado.

No existió correlación entre el grosor del corte tomográfico y la calidad de la imagen para el diagnóstico de la edad, según la opinión de los tres observadores. No se apreciaron tampoco diferencias en simetría corporal entre derecha e izquierda estadísticamente significativas.

La probabilidad empírica de que la edad fuese mayor de 21 años en estadio 4 fue del 95%; no obstante, se encontró una edad mínima observada para el estadio 4 de 19.14 años.

El análisis de los criterios de diseño del sistema de estadios de Kreitner et al (1997 y 1998) puso al mismo en entredicho, al observar que los resultados de los estadios 2 y 3 se solapaban y ello hacía dudosa su validez. No se apreció la necesidad de subdividir el estadio 4 de Kreitner en 4 y 5, tal y como hizo Schmeling en su estudio de 2004, al no mejorar la eficiencia diagnóstica de la prueba.

En esta serie, se encontró que la probabilidad empírica de mayoría de 21 años con este método sólo alcanzaba el 95 % con una edad mínima observada para el estadio 4 de 19 años (para Kreitner et al en 1998, fue de 22 años).

Considerando que un valor mínimo de probabilidad empírica al menos superior al 99.67 % para que un prueba diagnóstica pueda ser de utilidad médico legal, los autores valoraron que esta prueba diagnóstica necesitaría unas bases de estudio más sólidas que le permitan cumplir tal criterio para convertirse en un instrumento con valor médico legal.

En oposición a las conclusiones del estudio anterior, Mühler et al en el 2005 publicaron las conclusiones de su estudio sobre la influencia del grosor del corte tomográfico en la aplicación de los estadios del sistema propuesto por Schmeling et al en 2004 (Mühler et al, 2005).

Para ello, estudiaron 40 series de TAC de sujetos (38 hombres y 2 mujeres) tratados en el Hospital Charité de Berlin (Alemania). El grosor de los cortes de las tomografías fue de 1 mm. Se reconstruyeron sobre estos cortes otros cortes teóricos de 3, 5 y 7 mm, se realizó un estudio de las 80 epífisis esternales (40 dchas y 40 izdas) según el estándar de Schmeling (estadios 1-5) en los cortes de 1, 3, 5 y 7 mm y se compararon los resultados para cada sujeto.

La radiación media recibida por los pacientes en el estudio con cortes tomográficos de 1 mm fue de 0,5 mSv para un sujeto de 70 kgs.

Utilizando este método, se observó que en 7 clavículas de las 80 estudiadas (5 sujetos de los 40 estudiados; en torno a un 10%) el grosor tomográfico determinaba distintos resultados en el diagnóstico del estadio de Schmeling et al.

Sujetos Sexo		Izquierda				Derecha			
		Corte 1 mm	3 mm	5 mm	7 mm	Corte 1 mm	3 mm	5 mm	7 mm
A	Varón	2	3	3	3	2	2	3	3
B	Mujer	4	4	4	5	5	5	5	5
C	Varón	3	3	5	5	3	3	5	5
D	Varón	2	2	2	3	2	2	2	2
E	Varón	2	2	2	3	3	3	3	3

Tabla 26. Asignación de estadios según el grosor tomográfico en los 5 sujetos en los que se apreciaron diferencias en el estadiaje en función del grosor del corte tomográfico (Mühler et al, 2005).

El corte recomendado, por tanto, por Mühler et al fue de 1 mm para evitar que el corte demasiado grueso impida visualizar características que pueden corresponder a niveles de maduración menos evolucionados. Por tanto, un corte demasiado grueso corre el riesgo de

sobreestimar la edad. Ello puede explicar las diferencias de resultados entre los estudios analizados.

Desde el punto de vista osteológico, en los últimos años también ha habido publicaciones relativas al ritmo y fases de fusión de la epífisis esternal.

En Hamburgo, Alemania, en el año 2005 Susan Richel presentó una tesis doctoral sobre parámetros de estimación de edad en ortopantomografías y sobre la fusión de la epífisis proximal de la clavícula (Richel S, 2005).

En relación con el estudio de la clavícula, Richel estudió 100 TAC de sujetos con una edad entre 16,0 y 25,9 años. El análisis fue realizado por 3 observadores con adecuada correlación entre ellos, alcanzando de este modo un total de 600 estudios de ambas clavículas, 300 derechas y 300 izquierdas. Se utilizó el sistema de 4 estadios de Kreitner et al.

Los resultados de su estudio se recogen en la tabla 27.

CLAVICULAS DERECHAS

ESTADIO	N	Min	Q1	Q2	Q3	Max
1	12	16,0	16,3	17,0	19,1	25,2
2	35	16,0	16,5	17,6	19,2	24,2
3	142	16,5	18,0	19,8	21,3	25,5
4	111	19,1	22,3	23,8	24,7	25,9

CLAVICULAS IZQUIERDAS

ESTADIO	N	Min	Q1	Q2	Q3	Max
1	13	16,3	16,5	17,3	18,2	25,2
2	33	16,0	16,2	17,2	19,7	24,2
3	137	16,5	18,0	19,5	20,9	25,2
4	117	19,9	22,3	23,8	24,5	25,9

CLAVICULAS TOTALES

ESTADIO	N	Media	SD	Mediana	Min	Max	IC 99%
1	25	18,3	2,77	17,28	16,04	25,17	16,75 – 19,85
2	68	18,09	2,06	17,59	16,04	24,18	17,42 – 18,75
3	279	19,84	2,22	19,50	16,48	25,24	19,50 – 20,19
4	228	23,55	1,45	23,76	19,14	25,94	23,30 – 23,80

Tabla 27. Resultados de la serie de Richel S de 2005

En relación con el uso de los métodos de diagnóstico radiográfico tanto por radiología convencional como por tomografía computerizada, han sido múltiples las críticas vertidas a su posibilidad de uso en el ámbito médico legal cotidiano. Aparte de las objeciones de Schulze et al (Schulze et al 2005) sobre la incapacidad del método de alcanzar unos niveles mínimos admisibles de probabilidad empírica del 99,67 %, otros autores previamente ya habían expresado sus objeciones a tales usos. En particular, en Holanda, varios autores (Van Ree y Schulpen, 2001; Mali WP, 2004; Van Rijn y Robbens, 2004; Dorenboos H, 2005; Van Rijn y Robbens, 2005) han resaltado la limitación del uso de tales métodos con fines médico legales de estimación de edad por varias razones:

- Incapacidad del método de otorgar un grado de fiabilidad de resultados adecuado
- Ausencia de suficientes estudios comparados que permitan comprobar la fiabilidad del método.
- Dificultades en el caso del método radiográfico para poder en todos los casos valorar las imágenes radiológicas en relación con los estándar de estadios existentes, tanto por defectos de proyección que no permiten visualizar la epífisis esternal, como por el relativo grado de subjetividad en su interpretación y por la habitual superposición de estructura anatómicas que impiden el examen.

En el año 2005, Schaffer y Black presentaron los resultados de su estudio en una población de Bosnia (Schaffer y Black, 2005). Su estudio se centró en una población bosnia de 114 varones de 17 a 30 años, dentro del Proyecto de Identificación de Tuzla (Bosnia) de la caída de Srebrenica durante la guerra en Bosnia en 1995.

Las extremidades esternales de las clavículas fueron estudiadas osteológicamente mediante el sistema de estadios de Mc Kern y Stewart (1958):

- Estadio 0: no fusión
- Estadio 1: fusión iniciada, con en torno a 1/3 de la epífisis fusionada
- Estadio 2: fusión activa, con hasta 1/2 de la epífisis fusionada
- Estadio 3: fusión activa, con hasta 3/4 de la epífisis fusionada
- Estadio 4: fusión completa

La serie bosnia fue comparada con los resultados de la serie que en 1957 estudiaron Mc Kern y Stewart de 325 varones americanos ente 17 y 30 años de edad de la guerra de Korea.

Las comparaciones en cuanto a distribución por edades entre las muestras se recogen en la tabla 28.

Los resultados por edades y estadios se recogen en la tabla 29.

En general, para el resto de epífisis estudiadas, la muestra de población bosnia resulta acelerada en su maduración frente a la población americana de McKern y Stewart. Los autores plantean la posibilidad de que un cierto grado de malnutrición pudiese haber afectado a la muestra americana, pero se desecha como explicación ya que ciertamente la población de Srebrenica efectivamente sufrió malnutrición durante la guerra de Bosnia. Se propone, por ello, que las causas genéticas podrían ser la causa de esta discrepancia entre poblaciones.

EDAD	MC KERN & STEWART		BOSNIA	
	N	%	N	%
17	11	3	9	8
18	44	13	15	13
19	51	16	11	10
20	47	14	15	13
21	38	12	14	12
22	23	7	7	6
23	26	8	3	3
24	16	5	11	10
25	13	4	8	7
26	15	5	5	4
27	12	4	4	3,5
28	12	4	6	5
29	6	2	4	3,5
30	11	3	2	2
TOTAL:	325	100 %	114	100 %

Tabla 28. Distribución por edades de las muestras de Mc Kern y Stewart de 1957 y de Schaefer y Black de 2005

EDAD	MC KERN & STEWART					SCHAEFER & BLACK				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
17	100	...	...	...	...	88,9	11,1	...	...	...
18	72,7	25,0	2,3	...	...	84,6	7,7	7,7	...	...
19	64,7	17,6	15,7	2,0	...	60,0	20,0	10,0	10,0	...
20	47,8	19,6	28,3	4,3	...	69,2	23,1	7,7	...	...
21	35,1	24,3	32,4	8,2	...	7,7	15,4	61,5	7,7	7,7
22	21,7	8,8	47,8	21,7	...	20,0	...	60,0	20,0	...
23	4,0	16,0	36,0	36,0	8,0	...	...	33,3	...	66,7
24	6,2	...	12,5	62,5	18,8	...	...	...	70,0	30,0
25	...	...	15,4	23,1	61,5	...	...	...	87,5	12,5
26	...	...	...	40,0	60,0	...	...	20,0	80,0	...
27	...	...	8,3	33,4	58,3	...	...	...	25,0	75,0
28	8,3	...	...	25,0	66,7	...	...	...	66,7	33,3
29	...	...	16,7	16,7	66,6	...	...	...	...	100
30	9,1	...	...	9,1	81,8	...	...	...	...	100

Tabla 29. Resultados comparados por edades y estadios de Mc Kern y Stewart entre las series de Mc Kern y Stewart de 1957 y la de Schaefer y Black de 2005

En el caso de la clavícula, la maduración de la epífisis se producía después de los 17 años, hallándose también aparentemente acelerada la fusión de modo que a los 29 años ya el 100 % de la muestra bosnia se hallaba en fase 4 frente a sólo el 66% en la americana.

Sin embargo, la diferencia de cantidad de muestra en estos rangos de edad parece ser pasado por alto por los autores (17 casos en la muestra americana frente a 6 casos en la bosnia entre los 29 y 30 años), haciendo que los resultados deban ser valorados con precaución.

En 2007, Schaefer y Black publicaron una ampliación de su estudio original sobre población bosnia. En este nuevo estudio analizaron 258 cadáveres de varones entre 14 y 30 años de edad también fallecidos en la guerra de Bosnia de 1995 (Schaefer y Black. 2007). En este nuevo estudio, aplicaron una versión reducida del sistema de estadios de McKern y Stewart centrada en tres estadios:

- Estadio 0: epífisis no fusionada
- Estadio 1: epífisis con signos de fusión, pero con persistencia de una línea de fusión no obliterada
- Estadio 2: epífisis fusionada, con obliteración completa de la interfase epifiso-diafisaria y con posible persistencia de la llamada cicatriz epifisaria

Con esta metodología analizaron 21 regiones anatómicas distintas, confirmando que la epífisis proximal de la clavícula era la que más tardíamente mostraba signos de inicio de fusión epifisaria y de terminación del proceso de fusión. En cuanto a su distribución de resultados indicaron:

- Estadio 0: el caso más tardío correspondió con una edad de 23 años
- Estadio 1: su rango de edad osciló entre los 17 y 29 años de edad
- Estadio 2: el caso más precoz correspondió con una edad de 21 años.

Milenkovic et al en el año 2005 presentaron un póster en el XVIII International Symposium on Morphological Sciences en Belgrado (Milenkovic, 2005). En el mismo indicaban que habían estudiado una población de 26 mujeres y 42 hombres autopsiados en los que habían analizado en sus clavículas:

- Morfometría croseccional a nivel de la diáfisis: promedio de anchura cortical, anchura trabecular mínima, ratio médula / córtex.
- Parámetros en la región epifisaria: fusión epifiso-diafisaria, nódulos de osificación, morfología del margen articular, surco de la primera costilla, profundidad, forma y porosidad de la superficie articular.

No aportan datos de sus resultados, pero sus conclusiones indicaban que: (1) Los análisis morfométricos (diáfisis) aportaron datos que se correlacionaban con la edad y el sexo del sujeto; (2) los estudios de la región articular epifisaria se correlacionaron con edad y sexo; y (3) los estudios radiográficos no fueron útiles para el diagnóstico de edad, el estudio de fusión epifiso-diafisaria entre ellos.

3.5.2. Medidas Osteométricas

En 1932, Terry RJ, analizó una muestra de restos óseos de la colección del Departamento de Anatomía de la Universidad de Washington (Terry RJ, 1932). En esta muestra, analizó una serie de parámetros osteológicos. La muestra estaba conformada por 150 sujetos entre 18 y 72 años: 50 hombres negros, 50 hombres blancos y 50 mujeres negras; no fue posible recopilar en la muestra mujeres blancas suficientes.

Las medidas recogidas fueron:

- Estado tubérculo conoide
- Longitud absoluta y relativa (índice clavículo-humeral)
- Angulo medio y lateral
- Índice de curvatura
- Circunferencia absoluta y relativa
- Diámetro sagital a nivel del tubérculo conoide
- Diámetro sagital máximo a nivel del extremo acromial absoluto y relativo

Anteriormente, Houzé en 1908 había analizado la longitud y curvatura de las clavículas y había llegado a sugerir que la longitud total es más corta en mujeres que en hombres y que la curvatura es menor en blancos que en negros (Houzé M, 1908). Parsons, en 1916, analizó 50 clavículas derechas y 50 izquierdas de varones y mujeres ingleses de clase baja y media-baja. Estudió la longitud total (similar), el índice de curvatura (levemente mayor que en negros) y la circunferencia (mayor en varones, siendo un dato distintivo sexual en la serie inglesa) (Parsons, 1916).

Terry sugirió en sus resultados que la clavícula presenta un dimorfismo en simetría corporal bilateral: las clavículas derechas muestran mayor tendencia a presentar tubérculo conoide y un mayor grado de retorcimiento. También dimorfismo sexual, ya que el varón presentaría una mayor longitud total y relativa que la mujer, mayor anchura acromial absoluta y relativa, mayor ángulo lateral y mayor tendencia a presentar tubérculo conoide y éste más pronunciado. Finalmente, un dimorfismo racial, escaso y centrado en menor constancia y desarrollo del tubérculo conoide, mayor longitud relativa y menor anchura de la extremidad acromial en varones negroides.

En 1996, Black y Scheuer analizaron una muestra de 109 clavículas de sujetos de 0 a 16 años de edad, en los que se midió únicamente como parámetro osteométrico la longitud de las clavículas, aparte del grado de fusión epifisaria (Black y Scheuer, 1996).

Los resultados del estudio sugirieron que parece existir un crecimiento progresivo tras el nacimiento, aunque con una velocidad más lenta que en el periodo fetal. Hacia los 5 a 7 años parece existir una pequeña aceleración en el ritmo de crecimiento, pero éste se enlentece nuevamente y parece recobrase hacia la pubertad. No obstante, las autoras indicaron que la muestra de población hasta los 16 años, que fue aquella en la que se midió la longitud de las clavículas, era insuficiente para permitir llegar a resultados estadísticos significativos. En particular, hasta los 11 años estaba relativamente bien representada, pero no en edades superiores (tablas 30 y 31).

EDAD	Spitafields		St. Bride		St. Barnabas		Portugal		TOTAL
	HOM	MUJ	HOM	MUJ	HOM	MUJ	HOM	MUJER	
0-5	27	16	5	5	1	0	5	6	65
6-10	3	0	4	0	0	1	2	2	12
11-15	0	3	0	1	0	0	3	5	12
16-20	2	3	2	0	0	0	6	1	14
21-25	3	1	8	2	0	0	0	2	16
26-30	2	7	3	3	0	0	6	3	24
TOTAL	37	30	22	11	1	1	22	19	143

Tabla 30. Muestra de población en el estudio de Black y Scheuer de 1996 sobre longitud de la clavícula en subadultos según la población de origen, el sexo y la edad de los restos

Edad	Longitud clavicular máxima (mm)		
	N	Media	Rango
0 – 6 meses	11	44.4	38.8 – 54.5
7m – 1 año	9	54.1	48.0 – 60.9
1 – 1.5 años	11	59.5	54.3 – 66.0
1.5 – 2 años	4	63.0	61.4 – 64.6
2 – 3 años	13	66.5	58.5 – 72.6
3 – 4 años	7	73.4	69.1 – 77.0
4 – 5 años	8	74.4	65.3 – 82.0
5 – 6 años	2	75.9	74.7 – 77.0
6 – 7 años	4	86.5	85.4 – 88.8
7 – 8 años	1	89.5	89.5
8 – 9 años	3	89.0	78.5 – 98.7
9 – 10 años	0	...	...
10 – 11 años	2	103.7	103.0 – 104.0
11 – 12 años	2	105.0	104.5 – 105.0
12 – 13 años	3	106.4	102.5 – 111.3
13 – 14 años	2	118.6	117.0 – 120.1
14 – 15 años	2	118.5	113.5 – 123.5
15 – 16 años	3	137.7	127.0 – 154.0

Tabla 31. Medidas de la clavícula en subadultos (Black SM, Scheuer LJ. 1996)

En 1991, Mc Cormick, Stewart y Greene presentaron su estudio sobre la longitud y perímetro de las clavículas. La muestra del estudio fueron 724 hombres y mujeres de origen norteamericano (EEUU) (ratio hombres: mujeres, 3,41:1; 560 varones y 164 mujeres) entre 15 y 99 años procedentes de autopsias judiciales (Mc Cormick et al, 1991). Se extrajeron ambas clavículas. Se conocía en todos los casos datos demográficos completos y antecedentes patológicos. En 704 casos constaba, además, la talla corporal total.

Se tomaron medidas osteométricas de longitud clavicular y de circunferencia mediodiafisaria. Usando los llamados "puntos de corte" para longitud y perímetro de clavículas la capacidad de establecer correctamente el sexo fue relativamente baja (hasta un 89% en mujeres y 93 % en hombres), similar a la capacidad que tendría utilizar un punto de corte basado en la talla corporal (87%). Sin embargo, usando una razón entre ambas medidas se mejoraba significativamente la capacidad de asignar correctamente el sexo.

Los autores concluyeron que utilizar parámetros combinados de longitud y perímetro, aumentaba la capacidad de asignar correctamente el sexo en estudios osteométricos de clavículas.

Varios años después, en el año 2002, Frutos LR estudió los mismos parámetros en una población de origen guatemalteco (Frutos LR, 2002). La muestra la formaron 97 sujetos de edades no especificadas: 62 varones y 35 mujeres. Los esqueletos fueron obtenidos de exhumaciones de población indígena entre 1999 y 2001 en Guatemala. La identidad sexual se realizó mediante los ropajes que en los campesinos locales identifica inequívocamente el sexo.

En las clavículas obtenidas se estudiaron, entre otros parámetros: longitud total y perímetro en la mitad de la diáfisis. Los resultados se compararon con la serie previa de Mc Cormick, Stewart y Greene (Mc Cormick et al 1991) y se resumen en la tabla 32.

	MUESTRA GUATEMALA		MUESTRA USA	
	LONG MAX CLAV	PERIM DIAF	LONG MAX CLAV	PERIM DIAF
VARONES				
Media	14.677	3.45	15.9	4.07
SD	0.811	0.275	0.91	0.38
Máximo	16.1	4.1	...	...
mínimo	12.8	3	...	...
MUJERES				
Media	12.748	2.934	14.1	3.36
SD	0.876	0.316	0.77	0.28
Máximo	14.4	4	...	...
mínimo	11.48	2.5	...	...

Tabla 32. Resultados comparativos entre las series de Frutos LR en el 2002 y Mc Cormick, Stewart y Greene de 1991, donde se aprecian las diferencias generales en los parámetros de longitud y perímetro diafisario en las clavículas de ambas muestras.

Se elaboró una fórmula de función discriminante destinada a establecer un valor de corte. Esta fórmula incluyó, además de lo anterior, la anchura máxima de la cavidad glenoidea de la escápula. Aplicada la fórmula elaborada con datos de la población de Guatemala, el acierto en la correcta asignación sexual con este criterio llegó a ser del 94,6 % en mujeres, del 96,80 % para hombres y del 94,8 % en ambos sexos combinados.

Aplicadas las fórmulas propuestas por Mc Cormick et al, el acierto se redujo al 54.9 % por la longitud máxima clavicular, 33,9% por el perímetro clavicular mediodiafisario y 29 % en el índice longitud / perímetro.

La estatura media de ambas poblaciones fue de: varones 176.4 cms y mujeres 163.3 en población norteamericana en 1991 y de varones 158.7 y mujeres 146.9 en la población Guatemalteca actual. Esta baja talla media de la población guatemalteca actual frente a la norteamericana, posiblemente haya sido el factor que explique por que los estándar norteamericanos dieron resultados tan mediocres en la población indígena rural guatemalteca.

El estudio de Frutos LR, por tanto, sugería, como los precedentes, que la clavícula presenta elementos de dimorfismo sexual útiles para el diagnóstico sexual. La precisión de los métodos propuestos llega hasta el 96 % en esta muestra, corroborando los resultados de Mc Cormick de un 89 a 94 % para el mejor parámetro, que es la longitud clavicular.

Varios autores, la mayor parte de ellos provenientes de la India, han publicado múltiples estudios relativos a la correlación de algunos parámetros de medición osteométrica de las clavículas con la edad y el sexo: longitud, circunferencia diafisaria, peso, volumen mediante métodos hidrostáticos, ángulos claviculares e índice clavicular. Entre estos estudios destacan los de Olivier (1951), Jit y Singh (1966), Jit y Singh (1956), Singh y Gangrade (1968), Singh S et al (1972), Yadav y Agarwal (1983), Jit y Sahni (1983), Singh y Jit (1996), Kaur et al (2001) y Kaur et al (2002) y Patel y Shah (2004).

Jit y Singh en 1956 y 1966 publicaron dos estudios sobre una muestra de 236 clavículas de varones (120 derechas y 116 izquierdas) y 112 de mujeres (51 derechas y 61 izquierdas) procedentes de autopsias de sujetos del Punjab (India) (Jit y Singh, 1956, 1966).

Sobre éstas se tomaron medidas osteométricas de:

- Longitud
- Circunferencia medio-diafisaria
- Peso

Para cada parámetro, se calculó la distribución de resultados para cada sexo de medias, desviación estándar, rangos de valor y Demarking Point (DP) o “punto de corte”, que correspondería con la media +/- 3 SD y, teóricamente, debería permitir valorar de forma correcta al 99.75 % de la muestra. Se incluyó, además, el valor de porcentaje fuera del DP, que indica el porcentaje de sujetos del mismo sexo que son correctamente asignados en el diagnóstico de sexo; el restante porcentaje correspondería con los casos en los que este valor DP da un resultado dudoso.

Los resultados se recogen en las tablas 33 a 36. Estos resultados se compararon con series previas, en especial con la serie multinacional (Austria, Portugal, Java, Japón, Australia, etc) de Olivier de 1956, en la que el Índice de Robustez en negros africanos fue de 23.3 y en japoneses del 27.7. La conclusión general del estudio fue la de que un solo índice de la clavícula no permitía establecer el diagnóstico del sexo con gran precisión. Deberían aplicarse varios parámetros.

En el primer estudio de 1956, ya se indicó que se llegaba a la conclusión de que la longitud de la clavícula no estaba relacionada de forma proporcional con la estatura de los sujetos: el sexo y la raza son factores que alteran esta proporción. Ya había llegado a una conclusión similar anteriormente Olivier (1951) en una muestra multinacional (Austria, Portugal, Java, Japón, Australia, etc).

LONGITUD (medida en mms)				
	Derecha		Izquierda	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Media	148.58	130.36	147.59	129.80
S.D.	8.60	9.11	9.25	8.77
Rango	119.78-171.38	103.03-157.69	119.84-175.34	103.49-156.11
Demarking P(DP)	>157.69	<119.78	>156.11	<119.84
% fuera del DP	8.3 %	13.7 %	19.8 %	11.5 %

Tabla 33. Resultados serie de Jit y Singh de 1966 para longitud clavicular.

PESO (medida en grs)				
	Derecha		Izquierda	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Media	18.89	12.47	18.68	12.03
S.D.	3.69	2.80	4.21	2.69
Rango	7.82-29.96	4.07-20.87	6.05-31.31	3.96-20.10
Demarking P(DP)	>20.87	<7.82	>20.10	<6.05
% fuera del DP	23.97 %	2 %	35.1 %	0 %

Tabla 35. Resultados serie de Jit y Singh de 1966 para peso clavicular.

PERIMETRO MEDIOCLAVICULAR (medido en mms)

	Derecha		Izquierda	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Media	36.17	29.69	35.70	29.51
S.D.	3.02	1.74	3.16	1.97
Rango	27.11-45.23	24.47-34.91	26.22-45.18	23.60-35.42
Demarking P(DP)	>34.91	<27.11	>35.42	<26.22
% fuera del DP	71.8 %	9.8 %	48.2 %	4.9 %

Tabla 35. Resultados serie de Jit y Singh de 1966 para perímetro medioclavicular.

INDICE DE ROBUSTEZ (Long/perímetro)

	Derecha		Izquierda	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Media	24.78	22.82	24.24	22.76
S.D.	2.08	1.60	2.18	1.65
Rango	18.54-31.02	18.02-27.62	17.70-30.78	17.81-27.71
Demarking P(DP)	>27.62	<18.54	>27.71	<17.70
% fuera del DP	7.7 %	0 %	4.4 %	0 %

Tabla 36. Resultados serie de Jit y Singh de 1966 para índice de robustez clavicular.

En 1968, Singh y Gangrade analizaron una muestra de 200 clavículas, 100 derechas y 100 izquierdas, de varones y mujeres. Todos los casos provenían de autopsias judiciales de adultos naturales de la zona de Varanasi (India) (Singh y Gangrade, 1968).

Las medidas recogidas fueron: Longitud, Circunferencia medio-diafisaria y Peso. En los resultados, se utilizó, de nuevo, el concepto de demarking point, que corresponde con el valor límite entre sexos considerando el valor de media +/- 3 SD y que agrupa al 99,75% de los resultados. Los resultados comparativos se incluyen en la tabla 44.

Yadav y Agarwal en 1983, analizaron una muestra de 70 pares de clavículas tomadas de material de autopsias, también en la India; 50 pares de hombres y 20 pares de mujeres (Yadav y Agarwal, 1983). En su estudio, analizaron el volumen de las clavículas mediante un método hidrostático, por desplazamiento de agua en un depósito, en milímetros cúbicos. Su objetivo era definir un "demarking point" por encima del cual poder indicar si sería varón y por debajo, mujer. Para afinarlo más, se propusieron fórmulas de función discriminante con otros parámetros para mejorar la correcta asignación intersexual.

Medidas	DERECHA		IZQUIERDA	
	Varón	Mujer	Varón	Mujer
Rango	16.5-35	10.2-16	16.9-36	10.1-15.9
Punto de Corte	>16	<16	>15.8	<15.8
Porcentaje de clavículas más allá del P.C.	100%	100%	100%	100%

Tabla 37. Resultados de volumen en mms para clavículas en la serie de Yadav y Agarwal (1983)

El punto de Corte, o "Demarking Point", según los autores, permitía establecer el diagnóstico del sexo con una fiabilidad del 100% en la clavícula. Sus resultados fueron, sin embargo, contradictorios con otros estudios posteriores y contemporáneos y han sido criticados especialmente por Singh D y Jit I en 1996 porque consideraban que la cantidad de su muestra no era aceptable para alcanzar resultados aceptables.

Jit y Sahni, también en 1983, estudiaron una muestra de 260 pares de clavículas de varones y 80 pares de mujeres. Todos los casos procedían de autopsias judiciales entre 1971 y 1980 de sujetos naturales del Punjab y con edades superiores a 18 años. Tras recoger datos de estudio sobre esta primera muestra, establecieron un control de resultados sobre una segunda muestra de 70 pares de clavículas de varones adultos y 30 pares de mujeres adultas en las que se comprobó la validez del valor del DP o Punto de Corte (Jit y Sahni, 1983).

Aplicaron las mismas medidas y el mismo concepto de Demarking Point que habían aplicado Singh y Gangrade en 1968. Los resultados de esta nueva serie de Jit y Sahni de 1983 se resumen en la tabla 38.

Sobre estos resultados, elaboraron una fórmula de función discriminante desarrollada sobre cuatro variables (perímetro y peso en ambas clavículas), con la que obtuvieron un diagnóstico correcto para varones en el 79 % y en mujeres en el 82%.

En la comprobación de la validez de resultados en la segunda muestra de control se obtuvo que:

- Peso de clavículas: no daba errores en el diagnóstico, aunque su capacidad de dar un diagnóstico de sexo fue del 51,43 a 61,43 %.
- Perímetro medio-diafisario: no daba errores en el diagnóstico, aunque su capacidad de dar un diagnóstico de sexo fue del 58,7 a 46,7 %.
- Longitud: no aportaba datos de la comprobación.
- Análisis multivariante: permitía un diagnóstico de sexo preciso en el 82 % de hombres y en el 92 % de mujeres; el resto daba valores intermedios y no había errores de diagnóstico.

Concluyeron que la clavícula es más larga en hombres y mayor en el lado izquierdo que en derecho. Sus resultados, en este aspecto, son similares a Olivier en 1951. El Perímetro fue en esta serie, además, mejor indicador de sexo en hombres y lo fue el peso en mujeres.

Longitud Clavículas

LONG (mm)	Derecha		Izquierda	
	Varón	Mujer	Varón	Mujer
Media	148.0	132.4	149.8	134.0
SD	8.6	8.4	8.4	8.1
Rango	127-176	116-149	127-176	117-149
Demarking Point	>157,6	<122,2	>158,3	<124,6
% más allá del DM	10,8	11,25	14,61	8,75

Peso Clavículas

PESO (grs)	Derecha		Izquierda	
	Varón	Mujer	Varón	Mujer
Media	25,78	17,55	25,34	17,21
SD	4,15	3,21	4,37	3,22
Rango	19,0-42,0	7,92-27,18	12,23-38,45	7,55-26,87
Demarking Point	>27,18	<13,33	>26,87	<12,23
% más allá del DM	30,0	10,0	27,3	6,25

Perímetro medioclavicular

PERIM (mm)	Derecha		Izquierda	
	Varón	Mujer	Varón	Mujer
Media	36,2	30,4	35,9	30,0
SD	3,5	2,7	2,7	2,8
Rango	31-45	24-35	30-46	24-35
Demarking Point	>38,5	<25,7	>38,4	<27,8
% más allá del DM	20,0	14,0	17,7	30,0

Tabla 38. Resultados serie de Jit y Sahni en 1983

En 1996, como ya se ha señalado anteriormente, publicaron Singh y Jit su trabajo sobre el volumen de la clavícula en relación con la edad y el sexo (Singh y Jit, 1996), de forma análoga a lo hecho por Yadav y Agarwal en 1983. Su muestra de estudio fueron 533 pares de clavículas tomadas de material de autopsias. Se distribuyen por 406 pares de hombres y 127 pares de mujeres.

Los autores midieron el volumen de las clavículas en mililitros mediante un método hidrostático similar al de Yadav y Agarwal.

El objetivo del estudio era definir si, como señalaban Yadav y Agarwal en 1983, existe un "demarking point" por encima del cual podría estimarse que el sexo sería varón y por debajo de él mujer. Para afinar más este concepto, se propusieron fórmulas de función discriminante con otros parámetros para mejorar la correcta asignación intersexual.

Los resultados del estudio se resumen en las tablas 39 y 40.

Medidas	DERECHA			IZQUIERDA		
	Varón	Mujer	T test	Varón	Mujer	T test
Media	19.74	13.38	p<0.001	19.73	13.25	P<0.001
SD	4.24	3.36		4.27	2.99	
Rango	9.30-33.90	7.50-20.40		9.40-33.0	7.00-20.00	
Punto de Corte	>23.36	<7.02		>22.22	<6.92	
Porcentaje de clavículas más allá del P.C.	23.39 %	Nil		20.94 %	Nil	

Tabla 39. Resultados de la serie de Singh y Jit de 1996 sobre volumen de la clavícula.

Parámetros	Derecha		Izquierda	
	Varón	Mujer	Varón	Mujer
Volumen + Longitud	78.32	81.88	77.83	81.10
Volumen + Peso	80.04	83.46	79.80	82.67
Volumen + Circ MC	80.54	85.03	79.80	85.03
Longitud + Circ MC	76.60	80.31	76.84	80.31
Peso + Circ MC	79.80	81.10	78.81	81.10
Peso + Longitud	78.07	79.52	77.83	80.31
Volumen + Peso + Longitud	78.57	81.88	78.07	81.10
Volumen + Peso + Circ MC	81.03	86.69	80.54	86.69
Longitud + Peso + Circ CM	78.81	83.46	78.57	83.46
Volumen + Longitud + Circ CM	79.31	83.46	80.04	83.46
Longitud + Volumen + Peso + Cir	80.79	82.67	80.29	82.67

Circ MC: Circunferencia medio-clavicular

Tabla 40. Resultados de la serie de Singh y Jit de 1996 sobre el tanto por ciento de acierto en el diagnóstico del sexo mediante fórmula de análisis multivariante, especificando los parámetros utilizados en cada caso en relación con el lado de la clavícula y el sexo del sujeto

A diferencia de lo planteado por Agarwal y Yadav en 1983 sobre la misma materia, no existió en esta serie un punto de corte preciso en el volumen de la clavícula entre ambos sexos. Fue necesario combinar este valor con otros para aumentar la fiabilidad del diagnóstico de sexo. La

mejor opción pareció ser combinar Volumen, Peso y Circunferencia medioclavicular, con un % de acierto máximo del 86.69 % para mujeres.

En 2001, Kaur et al plantean un estudio sobre 200 pares de clavículas de adultos de la región de Patiala (India): 100 varones y 100 mujeres (Kaur et al, 2001). En su estudio analizaron los siguientes parámetros en las clavículas de estudio:

- Longitud
- Peso
- Circunferencia medio-diafisaria
- Angulo medial
- Angulo lateral
- Índice de curvatura, medido en grados.

Todos los parámetros estudiados apuntaron a la existencia de diferencias morfológicas intersexuales en las clavículas.

Cuando los autores analizaron la longitud de la clavícula, asignaron correctamente el sexo en 18 % de clavículas derechas de varones, 20 % de izquierdas de varones, 9 % de derechas de mujeres, 7 % de izquierdas de mujeres. Cuando se estudió el peso, se asignó correctamente el sexo en 65 % de clavículas derechas de varones, 58 % de izquierdas de varones, 26 % de derechas de mujeres, 30 % de izquierdas de mujeres. Cuando valoraron la circunferencia mediodiafisaria, se asignó correctamente el sexo en 10 % de clavículas derechas de varones, 4 % de izquierdas de varones, 11 % de derechas de mujeres, 6 % de izquierdas de mujeres. Cuando se intentaron los cálculos mediante fórmulas de análisis multivariante de los tres parámetros anteriores (long, peso y circunferencia mediodiafisaria), se asignó correctamente el sexo en 86.14 % varones, 96 % mujeres.

El análisis del ángulo medial de las clavículas, indicó que éste fue como promedio 153,50° en las derechas de varones y 152,57° en izquierdas de varones; en mujeres era de 153,31° en ambos lados. El ángulo lateral fue igual al medial, salvo en clavículas izquierdas de varones en los que el promedio fue de 152,71°. El índice de curvatura fue de 239,73° en clavículas derechas de varones y 239,83° en izquierdas. En mujeres fue de 292,88° en clavículas derechas y 297,23° en izquierdas.

En ambos sexos, existía una diferencia entre clavículas derecha e izquierda estadísticamente significativa, de modo que la derecha siempre era más curvada que la izquierda.

En 2002, Kaur, Harjeet et al (Kaur et al, 2002), presentaron un nuevo estudio sobre la longitud y la curvatura de clavículas de una muestra en la que tomaron medidas de longitud de clavículas en:

- Fetos: 28 hombres y 24 mujeres
- Recien nacidos: 13 hombres y 12 mujeres
- Niños de 1,5 a 17 años: 45 hombres y 30 mujeres
- Adultos 18 a 90 años: 748 hombres y 252 mujeres

De éstos, se incluyó también una medida de los ángulos medial y lateral de la clavícula en 113 varones y 52 mujeres entre 18 y 75 años de edad.

Los resultados de la serie de Kaur, Harjeet et al en 2002, se incluyen en las tablas 41 a 45. Las comparaciones de esta serie con otras previas, se incluyen en las tablas para longitud y ángulos de la clavícula.

Longitud de Clavículas

Edad(*)	Hombres			Mujeres		
	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)
1-5	9	74.33 +/- 8.49	74.89 +/- 7.91	7	75.57 +/- 9.85	76.71 +/- 9.32
6-10	11	90.82 +/- 6.13	92.27 +/- 7.03	3	95.33 +/- 10.07	97.00 +/- 12.29
11-15	19	113.21 +/- 11.01	114.53 +/- 10.66	9	116.25 +/- 4.20	118.53 +/- 6.40
16-17	6	132.00 +/- 5.90	135.67 +/- 7.00	11	129.60 +/- 6.40	132.20 +/- 5.84
1-17	45	102.47 +/- 20.97	103.98 +/- 21.61	30	106.57 +/- 4.50	107.35 +/- 21.93
18-20	60	143.37 +/- 8.93	145.83 +/- 8.20	33	132.03 +/- 8.18	134.18 +/- 7.73
21-25	154	149.92 +/- 9.72	151.92 +/- 9.64	60	137.82 +/- 9.12	138.97 +/- 9.02
26-30	117	150.48 +/- 8.38	152.32 +/- 7.94	42	137.65 +/- 8.78	138.90 +/- 8.83
31-35	101	105.48 +/- 9.65	152.31 +/- 9.11	24	137.71 +/- 11.86	138.62 +/- 10.92
36-40	74	149.21 +/- 7.09	151.12 +/- 7.24	20	137.60 +/- 8.63	138.50 +/- 9.58
41-45	61	149.63 +/- 8.64	151.05 +/- 8.16	18	136.89 +/- 6.92	138.17 +/- 7.61
46-50	60	150.29 +/- 7.70	152.10 +/- 8.00	20	136.25 +/- 10.29	137.65 +/- 9.72
51-60	81	149.76 +/- 7.12	151.70 +/- 8.89	17	136.36 +/- 10.43	137.01 +/- 11.02
61-90	40	147.38 +/- 10.74	150.07 +/- 9.76	18	134.57 +/- 12.02	135.04 +/- 11.63
18-90	748	149.40 +/- 8.91	151.14 +/- 8.72	252	134.53 +/- 9.68	136.21 +/- 9.64

(*) Edad en años.

(**) Longitud en mm. Valores de media +/- SD

Los resultados fueron estadísticamente significativos en ambos lados y en todos los grupos de edad.

Tabla 41. Resultados de la serie de Kaur, Harjeet et al de 2002 sobre la longitud de las clavículas en su muestra de sujetos desde el nacimiento hasta los 90 años.

FETOS	Hombres			Mujeres			
	Edad(*)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)
30-40	1	5.0	5.0				
41-50	2	8.7	9.2				
51-60	2	10.5	10.2				
61-70	2	11.0	11.0				
71-80	1	11.5	12.0	1	11.0	12.0	
81-90	1	12.0	14.0	1	12.0	12.0	
91-100	1	13.0	14.0	2	13.5	14.0	
101-110	1	14.0	14.0	1	14.0	15.5	
111-120	1	15.0	15.0	1	14.0	16.0	
121-130	1	15.0	16.0	1	15.0	16.0	
131-140	1	16.0	16.0	2	17.0	16.5	
141-150	1	19.0	20.0	1	18.0	18.0	
151-170	1	20.0	20.0	1	20.0	20.0	
171-190	1	21.0	21.0	1	20.0	20.0	
191-210	1	23.0	25.0	1	25.0	23.0	
211-240	1	27.0	28.0	1	27.0	26.0	
241-250	1	29.0	29.0	1	29.0	30.0	
251-260	2	31.4	30.9	3	30.4	30.0	
261-270	2	32.3	32.6	2	31.0	32.0	
271-280	2	34.0	33.5	2	33.3	33.7	
281-290	1	35.4	35.4	1	34.0	36.0	
291-299	1	37.0	37.0	1	36.0	37.0	

(*) Edad en longitud CR en mm

(**) Longitud en mm.

Tabla 42. Resultados de la serie de Kaur, Harjeet et al de 2002 sobre la longitud de las clavículas en su muestra de fetos

RECIEN NACIDOS	Hombres			Mujeres		
	Edad(*)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)	Nº	Derecha (**)	Izquierda (**)
301-310	2	38.2	37.5	3	37.8	37.3
311-320	1	38.5	37.5	-	---	---
321-330	3	39.8	38.8	2	38.7	39.0
331-340	1	41.0	39.0	1	39.0	40.0
341-350	2	42.7	42.0	1	40.0	41.0
351-360	3	45.0	45.5	2	42.0	41.5
361-370	1	47.0	47.0	3	44.3	44.3

(*) Edad en longitud CR en mm

(**) Longitud en mm.

Tabla 43. Resultados de la serie de Kaur, Harjeet et al de 2002 sobre la longitud de las clavículas en su muestra de recién nacidos

SERIE(Longitud: mm)	Hombres			Mujeres		
	Nº	Derecha	Izquierda	Nº	Derecha	Izquierda
Inglaterra (Parsons, 1916)	50	152	154	50	138	139
USA blancos (Terry, 1932)	50	152.90 +/- 0.88	154.10 +/- 0.91	---	---	---
USA blancos (Singh, 1972)	230 (total)	151.40	153.37	---	133.68	134.84
USA negros (Terry, 1932)	50	153.30 +/- 0.83	155.86 +/- 0.92	50	140.98 +/- 0.76	141.78 +/- 0.03
USA negros (Singh, 1972)	80 (total)	155.72	157.32	---	137.60	140.80
Francia (Olivier, 1951)	110	154.20	155.00	60	137.90	138.70
India. Zona Amritsar (Jit, Singh, 1966)	236	145.58 +/- 8.60	147.59 +/- 9.25	112	130.36 +/- 9.11	129.80 +/- 1.77
India. Zona Varanasi (Singh, Gangrade, 1968)	97	141.49 +/- 8.22	144.18 +/- 8.01	---	125.78 +/- 7.50	127.77 +/- 8.09
India. Zona Chandigarth (Jit, Sahni, 1983)	280	148.00 +/- 8.60	149.80 +/- 8.40	80	132.40 +/- 8.40	134.00 +/- 8.10
India. Zona Chandigarth (Jit, Harjeet et al, 2002)	748	149.40 +/- 8.91	151.14 +/- 8.72	252	134.53 +/- 9.68	136.21 +/- 9.64

Tabla 44. Comparativas de las series de Jit, Harjeet et al con otras series previas sobre Longitud de Clavículas

Nº suj	Angulo Medial				Angulo Lateral				Suma de Angulos			
	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres	
Hom/Muj	Dcha	Izda	Dcha	Izda	Dcha	Izda	Dcha	Izda	Dcha	Izda	Dcha	Izda
U.K. (Parsons.1916)												
50/50	153.0	153.0	155.0	155.0	148.0	148.0	150.0	151.0	300.0	301.0	305.0	306.0
U.S.A. negros (Terry.1932)												
50/50	153.52	151.58	151.12	153.62	138.42	143.54	144.06	145.82	292.00	292.94	293.88	297.90
U.S.A. blancos (Terry.1932)												
50/---	153.12	151.42	---	---	139.25	142.66	---	---	293.08	293.80	---	---
Francia (Olivier.1951)												
110/62	150.2	151.4	151.0	---	141.8	143.0	145.0	---	292.0	294.4	296.5	---
Chandigarth (Jit, Harjeet. 2002)												
113/52	150.76	150.94	152.61	152.82	143.27	148.20	144.65	148.73	293.08	298.04	297.06	301.31

Tabla 45. Resultados de comparación de la serie de Jit y Harjeet de 2002 con series previas en relación con ángulos de la clavícula. En particular, se valoran las medias de ángulos en cada serie y se comparan.

El estudio de Jit y Harjeet et al indicó que se apreciaban diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos en cuanto a longitud de clavículas, medida sus ángulos de curvatura (medial y lateral) y suma de ambos ángulos. Este dimorfismo ya había sido apuntado en estudios previos.

Las diferencias entre simetría corporal derecha e izquierda indicaron que:

- La clavícula izquierda tiende a ser más larga que la derecha en los adultos
- En fetos y recién nacidos, cualquiera de las dos clavículas puede ser más larga que la otra o ambas pueden ser iguales
- La clavícula derecha en adultos tiende a ser más curvada y, por ello, es más corta que la izquierda.

En 2004, Patel y Shah (2004) analizaron nuevamente una muestra de población procedentes del Gujarat, en la India (Patel y Shah, 2004). La muestra estaba constituida por 216 pares de clavículas de adultos, 107 varones y 109 mujeres. Las medidas, como en los estudios previos de Jit y Singh de 1956 y 1966, Jit y Sahni de 1983 y Singh y Gangrade de 1968, fueron:

- Longitud
- Peso
- Circunferencia mediodiafisaria

El estudio indicó diferencias intersexuales útiles para el diagnóstico intersexual. Así, la circunferencia mediodiafisaria fue el mejor indicador de sexo en varones, asignando correctamente al 45 % en clavículas derechas y al 33.33 % en izquierdas. El peso permitía una correcta asignación sexual en varones, asignando correctamente al 28.3 % de las clavículas derechas y al 29.62 % de izquierdas. La longitud fue el mejor parámetro para el diagnóstico en mujeres.

En general, las clavículas en esta población fueron más cortas, más gruesas y de peso similar que en la población de Varanasi (Singh y Gangrade, 1968) y Amritsar (Jit y Singh 1966, 1956).

3.5.3. Análisis de rasgos osteológicos específicos:

Además de las medidas generales ya descritas tanto en el examen osteológico como radiológico, se han estudiado otros parámetros de valoración basados en rasgos osteológicos específicos, algunos de ellos visibles en estudios de imagen y otros sólo en el examen osteológico.

En el año 2000, Rogers et al presentaron sus resultados de estudio sobre una muestra osteológica en la que se analizó la presencia o no de la llamada "Fosa Romboidea" a nivel de la inserción clavicular del ligamento costo-clavicular (Rogers et al, 2000).

La muestra consistió en 344 sujetos, 231 varones y 113 mujeres, entre 10 y 92 años de edad. La distribución racial fue de: blancos (195 varones, 106 mujeres), negros (33 varones y 5 mujeres) y otras razas (3 varones y 2 mujeres). De la muestra se excluyeron a los sujetos con datos de fractura o alteraciones patológicas de las imágenes radiográficas.

En la serie, se analizaron los siguientes estadios osteológicos:

- Estadio 0: sin fosa en la inserción costo-clavicular
- Estadio 1: pequeñas impresiones en el contorno de la inserción sin datos de depresión
- Estadio 2: pequeña depresión
- Estadio 3: gran depresión

	Izquierda	Derecha
Varones	72/231 = 31 %	83/231 = 36 %
Mujeres	3/113 = 3 %	9/113 = 8 %

Tabla 46. Proporción de sujetos con fosa romboidea entre sexos y lado corporal en la serie de Rogers et al de 2000

El estudio de Rogers et al, concluyó, en relación con la fosa romboidea, que si se encuentra fosa romboidea, es probable que el sujeto sea varón, especialmente si se trata de una clavícula izquierda.

Si se encuentra una fosa romboidea, sobre todo si presenta una fosa profunda (grado 3), es probable que se trate de un varón joven (menor de 30 años) (probabilidad a posteriori del 92,2 % de que una clavícula izquierda con fosa romboidea sea de varón y del 81,7 % de que lo sea en una derecha). No obstante, este rasgo pudo encontrarse en sujetos de 12 a 90 años.

El hallazgo de fosa romboidea no fue dependiente de la raza o de la actividad física previa, a pesar de que algunos autores así lo habían sugerido.

En relación con el tubérculo conoide y sus relaciones con el sistema ligamentoso que lo vincula con la escápula (apófisis coracoides) se han buscado relacionarlos con distintos tipos de patologías traumáticas. Schubert en 1997 presentó un caso de osificación del ligamento coraco – clavicular en su porción trapezoide (Schubert. 1997). Otras anomalías han sido descritas en esta región, en su mayoría dependientes de anomalías del desarrollo sin significación patológica, como duplicaciones de la clavícula o presencia de huesos supernumerarios subclaviculares. La interpretación del caso presentado por Schubert fue que la anomalía observada pudo relacionarse no con una anomalía del desarrollo o con una alteración degenerativa primaria, como la artrosis, sino posiblemente a una alteración consecutiva a un traumatismo previo de la cintura escapular.

En 2002, Gumina et al estudiaron una colección de 1020 clavículas de una colección osteológica de sujetos de los siglos XVIII y XIX de origen italiano (Gumina et al. 2002). De estos estudios, pudo realizarse, además un estudio radiográfico de 509 de estas clavículas. La distribución demográfica de la muestra sometida a estudio radiográfico se apunta en la tabla 48.

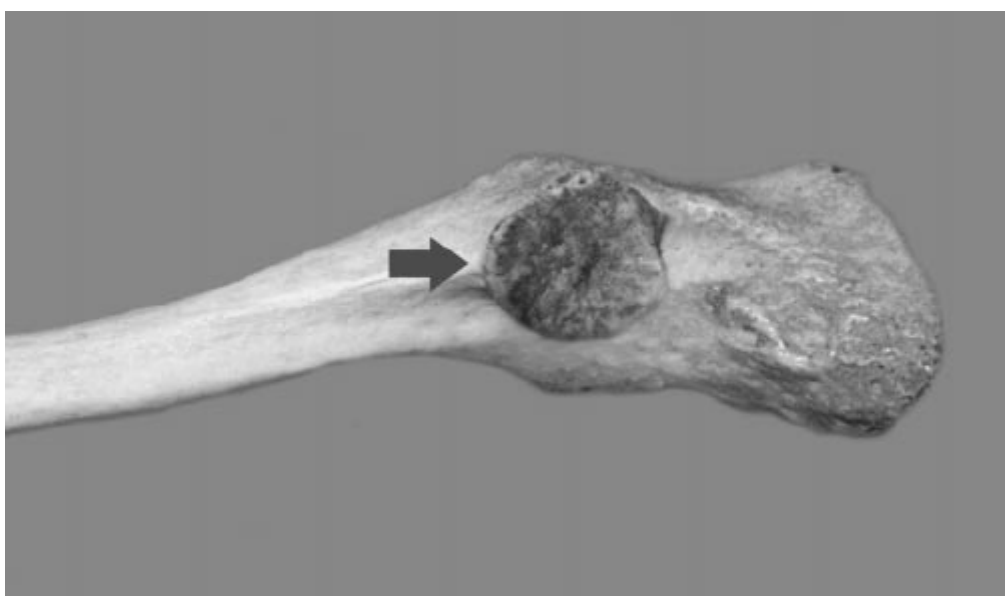


Figura 21. Muestra de tubérculo conoide con articulación coraco-clavicular en una clavícula derecha (tomado de Gumina et al 2002)

Edad	Varones (%)	Mujeres (%)	Total (%)
21–40 años	67 (59.8)	45 (40.2)	112 (22)
41–60 años	110 (64.3)	61 (35.7)	171 (33.6)
> 61 años	187 (82.7)	39 (17.3)	226 (44.4)
Total (%)	364 (71.5)	145 (28.5)	509 (100)

Tabla 47. Distribución de la muestra de estudio de Gumina et al (2002) analizada mediante medios radiográficos.

En estas 509 radiografías obtenidas se analizaron los siguientes parámetros:

- Presencia de articulación coraco-clavicular a nivel del tubérculo conoide.
- Índice de sinuosidad de la clavícula (razón entre longitud del arco de la curva de la clavícula y altura de dicho arco) (figura 22).
- Longitud de la clavícula.
- Presencia de datos de tipo artrósico a nivel de articulaciones acromio y esterno – claviculares.

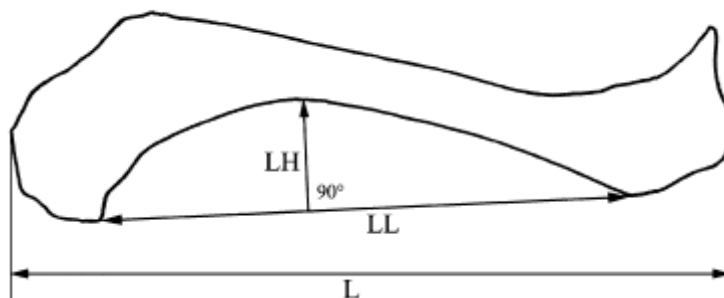


Figura 22. Medidas realizadas para obtener el índice de sinuosidad de la serie de Gumina et al (Gumina et al 2002)

En la serie estudiada, los autores hallaron únicamente 8 sujetos en los que pudo encontrarse dicha articulación: un 0,78 % de la muestra. La presencia de esta articulación no se correlacionó ni con el índice de sinuosidad, ni con la longitud de las clavículas ni con la presencia o ausencia de datos artrósicos a nivel articular. El hallazgo se encontró en 6 hombres y 2 mujeres, con edades entre 37 y 54 años, con una edad media de 49,2 años. La distribución por sexos y edades del hallazgo tampoco fue considerada significativa.

Los hallazgos sugirieron a los autores que la presencia de esta articulación en las clavículas no tenía ningún significado específico y podía considerarse un hallazgo casual, tal vez levemente relacionado con la edad, si bien menos frecuente en población caucásica europea que en

población mongoloide, donde la proporción del hallazgo llega a observarse hasta en un 21 % en series radiológicas (Cockshott, 1992). Otros autores, en otras series, sin embargo, lo habían relacionado con diversos factores, como la longitud de las clavículas (Nalla y Asvat, 1995) o la edad de los sujetos (Cho y Kang, 1998).

3.5.4. Variaciones en el diámetro medio diafisario y en el índice clavicular

Las medidas osteométricas y basadas en medidas radiográficas de la relación entre el grosor cortical y el medular a nivel de la diáfisis clavicular y de la medida del diámetro mesodiafisario han sido analizadas en relación con la edad de los sujetos en varios estudios.

En 1932, Terry RJ estudió una población de restos óseos de la colección del Dpto. de Anatomía de la Facultad de Medicina de Washington (EEUU). La muestra representaba a 150 sujetos, incluyendo hombres y mujeres negros y hombres blancos (no se disponía de suficientes mujeres blancas) (Terry RJ, 1932). La muestra estaba distribuida según la tabla 48.

EDAD	HOMBRE NEGRO	MUJER NEGRA	HOMBRE BLANCO	TOTAL
18-29	5	5	4	14
30-59	35	34	36	105
60-72	10	11	10	31
TOTAL	50	50	50	150

Tabla 48. Distribución de población de la muestra de Terry RJ de 1932.

Antes de la serie de Terry, Houzé había estudiado en 1908 una serie de 4 clavículas de negros africanos, 3 hombres y 1 mujer (Houzé, 1908). Había llegado a la conclusión, pese a lo escaso de la serie, de que la longitud total es más corta en mujeres que en hombres y que la curvatura es menor en blancos que en negros. En 1916, Parsons analizó 50 clavículas derechas y 50 izquierdas de varones y mujeres ingleses de clase baja y media-baja. Estudia en estas clavículas: longitud total, índice de curvatura, circunferencia. La longitud resulta similar entre ambas series; el índice de curvatura es levemente mayor en negros; y la circunferencia es mayor en varones, por lo que se interpreta como un rasgo distintivo sexual en la serie inglesa.

En la serie de Terry se analizaron:

- Presencia del tubérculo conoide
- Longitud total y relativa (índice clavículo-humeral)
- Angulo medial y lateral
- Índice de curvatura
- Circunferencia absoluta y relativa
- Diámetro sagital a nivel del tubérculo conoide
- Diámetro sagital máximo a nivel del extremo acromial, absoluto y relativo.

Las conclusiones de Terry sugirieron que la clavícula presentaba un grado significativo de dimorfismo en varios aspectos:

- Dimorfismo de simetría corporal: las clavículas derechas mostraron mayor tendencia a presentar tubérculo conoide y un mayor grado de retorcimiento.
- Dimorfismo sexual: el varón presentaron una mayor longitud total y relativa que la mujer, mayor anchura acromial absoluta y relativa, mayor ángulo lateral y mayor tendencia a presentar tubérculo conoide y éste más pronunciado.
- Dimorfismo racial: escaso y centrado en una menor constancia y desarrollo del tubérculo conoide, mayor longitud relativa y menor anchura de la extremidad acromial en varones negroides.

Fujita et al en 1968 realizaron un estudio sobre radiografías de tórax en el que analizaron la razón entre anchura medular y cortical a nivel de tercio medio de clavícula. La muestra de estudio fueron radiografías de tórax Postero-Anteriores de 168 mujeres y 198 hombres de origen japonés y con una edad entre 10 y 80 años (Fujita et al, 1968).

Con un micrómetro de 0,05 mm de precisión, midieron el grosor cortical y el grosor del hueso completo a nivel aproximadamente del tercio medio de la diáfisis, expresando los resultados en valores de mm y en la ratio como %.

El estudio, al correlacionar medidas simples y ratios con la edad, concluyó que la anchura total no se correlacionaba bien con la edad. Sin embargo, la ratio sí, con un descenso progresivo de la misma con la edad y distinto en hombres y mujeres. El método fue propuesto por los autores como indicador indirecto del nivel de salud ósea de los ancianos ingresados en residencias. Sabiendo el nivel medio con su sexo y edad, si la ratio clavicular fuese menor sugeriría un mal estado de calcificación.

El porcentaje de grosor cortical frente al grosor completo de la clavícula en la serie de Fujita et al pasa de valores cercanos al 60 % en el grupo de edad hasta los 20 años, oscilando en torno al 45 % en hombres y al 55 % en mujeres hasta los 40 años, para luego descender progresivamente a valores cercanos al 30 % en sujetos de 70 años.

En 1985, Walker y Lovejoy publicaron su estudio sobre el grado de radiolucencia relativa y el estudio de involución trabecular de la diáfisis clavicular con la edad según el uso de un método de análisis gráfico seriado (Walter y Lovejoy, 1985).

La muestra de estudio estuvo formada por 500 sujetos procedentes de las series Hamann – Todd I y II y de la serie de Libben. Los autores, en un trabajo anterior, habían demostrado que sobre un población de 130 sujetos amerindios de la serie Libben no se apreciaban datos de

interferencia de resultados por sexo y raza para la involución trabecular. Por ello, la serie que se analizó en este nuevo estudio de 1985 fue multirracial y de ambos sexos.

El estándar utilizado por los autores incluyó las siguientes fases consecutivas:

- FASE 1: El córtex posterior es grueso y prominente. Toda la cavidad medular se halla rellena de trabéculas densas, finamente granuladas y con tendencia a agruparse en formaciones alineadas paralelamente entre sí formando pilas. El córtex posterior es finamente granulado, pero no necesariamente denso. Tanto las metáfisis esternal como distal están rellenas de trabéculas finamente granuladas. 18 – 24 años.
- FASE 2: Es similar a la fase 1, pero las metáfisis se hallan ligeramente vaciadas. El córtex posterior no muestra grandes cambios. Las trabéculas medulares adoptan un aspecto levemente grosero. El córtex anterior muestra un discreto aumento de trabeculación. No se ve aumento en la radiolucencia. 25 – 29 años
- FASE 3: Existe una mayor evacuación de trabéculas de las metáfisis. Las trabéculas son más moderadamente granuladas y menos abundantes. Se aprecia un adelgazamiento del córtex posterior, pero sin que se aprecie aún un borde festoneado. El canal medular aún se encuentra lleno, pero las formaciones trabeculares densas, apiladas y paralelas entre sí son menos evidentes. 30 – 34 años.
- FASE 4: La reducción del córtex posterior es más evidente, sobre todo en los extremos metafisarios. Las metáfisis se van vaciando y en ellas las trabéculas se van haciendo más groseras. Las formaciones de trabéculas agrupadas en pilas ya no son visibles o son escasas. Existe un aumento marcado de la radiolucencia. 35 – 39 años.
- FASE 5: Las metáfisis sólo presentan trabéculas groseras. En el canal medular diafisario, las trabéculas son ya francamente groseras. Existe la impresión de un aumento del canal medular por el evidente adelgazamiento del córtex posterior en los extremos esternal y distal y por el adelgazamiento del córtex anterior. 40 – 44 años.
- FASE 6: Es una continuación de la fase 5, pero ligeramente acelerada. El aumento de radiolucencia indica una pérdida de masa ósea acelerada. 45 – 49 años.
- FASE 7: Existe una trabeculación general grosera. Existe un reducción de masa ósea, pero sin vaciamiento del lumen del canal medular. 50 – 54 años
- FASE 8: Es difícil distinguir esta fase de la precedente por la variabilidad individual entre sujetos respecto de su mayor o menor tendencia a perder masa ósea. Existe, en general, tendencia a presentar un adelgazamiento de córtex y de trabéculas, que se hacen más groseras o, incluso, ausentes. Los sujetos más ancianos suelen tener una extrema reducción del córtex que lleva a que se forme apenas una cáscara de cortical. Las estructuras son muy radiolúcidas. Las metáfisis esternal y distal pueden no tener trabéculas. La trabeculación del córtex anterior puede ser extrema. A lo largo del margen cortical del canal medular se aprecia un aspecto festoneado. 55 años y superior.

La correlación de resultados con la edad conocida en los 4 huesos estudiados (fémur, clavícula, calcáneo y húmero) indicaba que el hueso que mejor correlacionó los cambios con la edad es la clavícula. El hueso que peor correlacionó, ya que apenas presentó cambios, fue el calcáneo. De los dos intermedios, el fémur correlacionó mejor en hombres y el húmero en mujeres.

En la clavícula, el sexo no modificó la eficacia de los resultados.

Según los autores, los hechos de que: (1) el calcáneo apenas se modifique en su trabeculación con la edad, a diferencia del fémur, y (2) que correlacionen de forma distinta en un mismo sujeto el calcáneo y el fémur o el húmero y el extremo distal de la clavícula lleva a los autores a sugerir que el factor de actividad física (bipedestación, carga braquial) podría ser un factor secundario en cuanto a determinar la involución trabecular. Hasta cierto punto, cada hueso se comportaría como un órgano autónomo en relación con la pérdida de masa ósea (turn-over de calcio) con la edad, siendo algunos huesos más activos en ella (fémur), otros menos activos (calcáneo) y otros activos, pero no influidos por factores exógenos (clavícula).

El estudio de radiolucencia correlacionó débilmente con la edad, posiblemente por la dificultad de estandarizar los lugares de análisis más correctos. Parece que el análisis visual del observador experimentado fue superior porque analizaba de forma más completa todos los datos que el sistema de registro automatizado no conseguía analizar.

En 1990, Kaur y Jit estudiaron la correlación entre córtex y médula a nivel de diáfisis clavicular (Kaur y Jit, 1990).

Analizaron una muestra de 210 pares de clavículas procedentes de autopsias de 82 mujeres y 128 hombres con edades entre 15 y 85 años. Las piezas anatómicas fueron estudiadas mediante dos índices claviculares obtenidos por medidas osteométricas con un calibre

- Índice cortical (relación grosor cortical / grosor óseo total) en sección longitudinal; se realiza sobre 105 pares de clavículas
- Índice cortical en sección transversal; se realiza sobre los otros 105 pares.

Los resultados para el Índice Cortical en sección longitudinal y transversal se incluyen en las tablas 50 y 51.

En ambos métodos, se apreció en ambos sexos un aumento del I.C. por aumento del grosor cortical hasta los 30 años. Después, disminuía el índice de forma análoga en los dos sexos hasta los 40 años y, en adelante, la disminución del índice en el sexo femenino fue más acusada.

No se apreciaron diferencias significativas entre derecha e izquierda.

Entre sexos, hasta los 40 años no hubo diferencias, pero sí en adelante.

Los hallazgos se relacionaron con otras dos series previas. Aparte de la ya citada serie de Walker y Lovejoy (1985), se hace referencia relativa a las series de Helelä (Helelä, 1969) y de Anton (Anton, 1969).

En su serie de 1969, Helelä analizó 470 radiografías de tórax en las que estudió mediante medidas directas con un calibre el grosor de la cortical de las clavículas derechas. Llegó a la conclusión de que, comparando los resultados por grupos de edad de cinco años entre los 20 a 22 y 87 años, entre los grupos de edad de 20-22 a 28-32, donde se alcanzaba el máximo (6.5 mm en mujeres y 6.6 mm en hombres), el índice clavicular diafisario iba aumentando con la edad. El valor mínimo se alcanzó en el grupo de 83-87 años de edad, en el que el grosor alcanza valores de 3,9 mm en mujeres y de 4,3 mm en hombres. Calculó el índice clavicular mediante la razón entre la suma del grosor cortical superior e inferior y el grosor óseo total en el tercio medio diafisario. En mujeres, este índice tenía una media de 0,55 en mujeres de 20 a 22 años y de 0,46 en hombres; alcanzaba su máximo en mujeres entre los 43 y 47 años, con 0,59, y en hombres entre 23 y 32 años, con 0,49 años. A los 83 a 87 años en mujeres, el valor del índice fue de 0,39 de media y en hombres de 0,27.

Por su parte, Anton también en 1969, estudió el grosor del córtex clavicular. Este dividió a los sujetos en tres grupos de edad: 20-39, 40-59 y 60 en adelante; y estudió el grosor cortical en mm sobre 120 radiografía de tórax. Su análisis del grosor de la cortical lo determinó únicamente en la cortical superior visible en el tercio medio de la clavícula en radiografías de tórax PA. Sorprendentemente, el autor no relacionó este parámetro con el grosor total de la clavícula al mismo nivel ya que no consideró válida la medición del grosor cortical inferior y estimó, por tanto, que el valor de la cavidad medular no era fiable como medida. El estudio de las clavículas fue comparado con el de otras regiones anatómicas (columna, principalmente) con el fin de valorar la correlación de los hallazgos con otros sugestivos de osteoporosis.

Los resultados de sus medidas se presentan en la tabla 49.

La conclusión de este estudio fue la de que el grosor cortical disminuye con la edad y de forma más intensa en las mujeres. Estableció que un grosor inferior a 1,5 mm era indicativo de osteoporosis y un valor de 2.0 mm altamente sugestivo de tal patología.

Edad	Varones		Mujeres	
	Media	SD	Media	SD
20 – 39	2,87	0,54	2,78	0,56
40 – 59	2,70	0,84	2,50	0,42
60 - ...	2,44	0,48	1,91	0,57

Tabla 49. Medidas de grosor (mm) de la cortical superior del tercio medio de clavículas medidas en radiografías de tórax PA en la serie de Anton (1969)

En 1988, Aoyagi et al analizaron el grosor cortical medial en la diáfisis de clavículas en una muestra de 211 radiografías de tórax postero-anteriores (65 hombres y 146 mujeres) de edades superiores a 40 años de edad. Los sujetos provenían de una comunidad de una isla de Japón. Sus resultados indicaron que existía una disminución progresiva del grosor cortical con la edad e identificaron un coeficiente de correlación de esta asociación con la edad de - 0,69 ($p < 0,01$). Apreciaron también que la disminución era más acusada en los sujetos de edades superiores a 60 años.

Un dato necesario para correlacionar los hallazgos de estos estudios previos con los de la serie de Kaur y Jit de 1990 es el de saber qué cantidad de masa ósea es necesario que exista o no exista en un hueso para que los cambios sean apreciables en placas radiográficas. Así, según Urist et al para que se aprecie que ha habido una disminución del grosor cortical en radiografías convencionales en placa, debe haber una disminución real osteológicamente evidenciable de al menos un 30 % de la masa ósea (Urist et al, 1962).

Sexo	Edad	N	Índice Clavicular (%)
Hombres	40-49	7	50,1 +/- 6,2
	50-59	16	49,1 +/- 6,7
	60-69	28	41,3 +/- 11,2
	70-...	14	41,3 +/- 10,3
Mujeres	40-49	18	54,9 +/- 6,6
	50-59	46	49,0 +/- 7,8
	60-69	44	40,2 +/- 9,1
	70-...	38	33,7 +/- 8,5

Tabla 50. Resultados de la serie de Aoyagi et al (1988) sobre índice cortical de la diáfisis clavicular expresado en porcentaje en su distribución por edades.

EDAD	VARONES Nº	I.C. DCHO.**	I.C. IZDO.**	MUJERES Nº	I.C. DCHO.**	I.C. IZDO.**	Nivel de Significancia	
							dcha vs izda	Varon vs mujer
15-20	8	62,9 +/- 2,4	63,5 +/- 2,9	7	65,2 +/- 2,6	64,9 +/- 2,5	>0.05	>0.05
21-30	13	70,3 +/- 5,4	71,1 +/- 4,7	9	69,5 +/- 3,2	70,3 +/- 4,3	>0.05	>0.05
31-40	11	60,5 +/- 2,7	60,4 +/- 2,0	7	60,6 +/- 2,6	61,5 +/- 2,2	>0.05	>0.05
41-50	10	57,4 +/- 2,9	58,6 +/- 2,3	7	52,4 +/- 4,2	53,2 +/- 3,8	>0.05	<0.01
51-60	12	53,1 +/- 3,4	52,6 +/- 2,1	6	43,6 +/- 3,8	43,5 +/- 5,6	>0.05	<0.001
61-...	10	41,9 +/- 4,1	41,4 +/- 2,1	5	36,2 +/- 4,0	35,2 +/- 3,5	>0.05	<0.05

** Media +/- SD

Tabla 51. Resultados para el Índice Cortical en sección longitudinal en la serie de Kaur y Jit (1990).

EDAD	VARONES Nº	I.C. DCHO.**	I.C. IZDO.**	MUJERES Nº	I.C. DCHO.**	I.C. IZDO.**	Nivel de Significancia	
							dcha vs izda	Varon vs mujer
15-20	8	67,9 +/- 2,8	67,9 +/- 6,2	7	68,4 +/- 6,1	69,1 +/- 4,6	>0.05	>0.05
21-30	16	74,0 +/- 4,5	73,3 +/- 4,1	12	73,5 +/- 5,1	73,0 +/- 5,2	>0.05	>0.05
31-40	12	61,2 +/- 3,3	62,1 +/- 4,4	6	62,0 +/- 3,0	60,6 +/- 4,6	>0.05	>0.05
41-50	10	58,8 +/- 3,2	58,5 +/- 5,6	6	51,0 +/- 5,6	51,9 +/- 6,1	>0.05	<0.01
51-60	10	54,6 +/- 3,3	53,6 +/- 4,1	5	45,4 +/- 3,4	45,0 +/- 4,2	>0.05	<0.001
61-...	8	43,2 +/- 6,7	43,8 +/- 6,3	5	33,6 +/- 6,4	33,8 +/- 5,5	>0.05	<0.05

** Media +/- SD

Tabla 52. Resultados para el Índice Cortical en sección Transversal en la serie de Kaur y Jit (1990)

Milenkovic et al en el año 2005 estudiaron una serie de 26 mujeres y 42 hombres procedentes de autopsias y realizaron un estudio morfológico y radiográfico sobre sus clavículas. Analizaron parámetros en diáfisis y en región epifisaria proximal, siendo su conclusión que los análisis de los parámetros de la diáfisis (anchura cortical, anchura trabecular mínima y ratio médula-córtex) se correlacionan con la edad y el sexo; del mismo modo, los datos morfológicos en la epífisis (fusión epifiso-diafisaria, nódulos de osificación, morfología del margen articular, surco de la primera costilla, profundidad, forma y porosidad de la superficie articular) también se correlacionan con edad y sexo. Sin embargo, encontraron dificultades para relacionar con la edad los hallazgos en estudios radiográficos. En el póster publicado en el Simposium de Belgrado del 2005, donde presentaron el trabajo, Milenkovic et al no aportaban más datos de dicha investigación (Milenkovic, 2005).

Feducib en 2003 en Ucrania publicó un estudio sobre los índices claviculares medidos en 120 sujetos de autopsias, varones y mujeres entre 20 y 80 años de edad (Feducib, 2003). Tras extraerlas de los cadáveres, se radiografiaron y se tomaron medidas en las placas radiográficas de anchura en tercio medio de diáfisis, anchura de cavidad medular en tercio medio de diáfisis y longitud de la clavícula. Con ello, se obtuvieron los índices claviculares mediante los métodos de Barnett-Nordin (1960) y Baizuldina (1990) y se adoptaron los siguientes valores:

- Índice clavicular 1 o IC 1 (= anchura total de diáfisis – anchura de cavidad medular / Anchura Total de la Diáfisis x 100)
- Índice Clavicular 2 o IC 2 (= anchura de cavidad medular / Longitud Total de clavícula x 100)

El estudio concluyó con la valoración de que el IC 1 disminuye con la edad y el IC 2 aumenta con ésta, ambos como expresión de que la cavidad medular con la edad sufría un proceso de crecimiento progresivo a expensas de la cortical. Se estableció, por tanto, un criterio de diagnóstico de edad basado en involución osteoporótica en clavículas.

INDICE CLAVICULAR 1

VARONES			MUJERES	
EDAD	MUESTRA	VALORES % (MEDIA +/- SD)	MUESTRA	VALORES %(MED-SD)
20-29	10	55 +/- 0.002	10	50 +/- 0.03
30-39	10	54 +/- 0.03	10	48 +/- 0.02
40-49	10	54 +/- 0.02	10	45 +/- 0.01
50-59	10	45 +/- 0.01	10	40 +/- 0.02
60-69	10	23 +/- 0.02	10	23 +/- 0.03
70-79	10	19 +/- 0.03	10	20 +/- 0.01

INDICE CLAVICULAR 2

VARONES			MUJERES	
EDAD	MUESTRA	VALORES % (MEDIA +/- SD)	MUESTRA	VALORES %(MED-SD)
20-29	10	3.1 +/- 0.02	10	3.4 +/- 0.03
30-39	10	3.3 +/- 0.01	10	4.0 +/- 0.02
40-49	10	3.3 +/- 0.03	10	4.2 +/- 0.03
50-59	10	4.5 +/- 0.02	10	4.6 +/- 0.01
60-69	10	6.6 +/- 0.01	10	6.7 +/- 0.02
70-79	10	6.7 +/- 0.02	10	6.9 +/- 0.03

Tabla 53. Resultados de IC 1 y IC 2 para la serie de Feducib de 2003

3.5.5. Datos degenerativos articulares

De Palma, en 1957 y 1963 fue uno de los primeros autores en presentar un estudio sistemático sobre la existencia de datos degenerativos en las articulaciones de la clavícula (De Palma. 1957, 1963). En su trabajo de 1963 expuso sus resultados sobre los hallazgos degenerativos apreciados en una muestra de 94 cadáveres entre la infancia y los 94 años de edad sin antecedentes de patología de hombro o clavícula. En la serie de 1957 presentó los hallazgos en un total de 223 pares de articulaciones esterno-claviculares. De la muestra de 1963, obtuvo 114 clavículas, en las que analizó los hallazgos degenerativos en las articulaciones acromio-clavicular y esterno-clavicular.

Los hallazgos en la serie osteológica de De Palma en la articulación acromio-clavicular fueron:

- 0 – 20 años de edad: ausencia de cambios degenerativos. Encuentra mediante análisis histológico una auténtica articulación acromio-clavicular por primera vez en un niño de 3 años y medio.
- 20 – 30 años: el disco articular empieza a presentar datos de adelgazamiento y fibrilación, pero no se aprecian alteraciones en las superficies articulares.
- 30 – 40 años: empiezan a apreciarse cambios degenerativos en la articulación, pero estos afectan sólo al cartílago, con signos de fibrilación y erosión.
- 40 – 50 años: se empiezan a apreciar datos degenerativos en el hueso, con aparición ocasional de osteofitos en el lado acromial de la articulación.
- 50 – 60 años: avanzan los datos degenerativos y el disco articular se halla desestructurado o ausente.
- 60 – 70 años: la progresión de alteraciones afecta en la mayoría de los casos al disco articular que se halla ausente.
- 70 – 100 años: se aprecian cambios de eburneación y esclerosis en el hueso, especialmente en el margen acromial, con desestructuración completa de la estructura cartilaginosa articular.

Los hallazgos en la articulación esterno-clavicular fueron:

- 0 – 50 años: no se aprecian cambios degenerativos significativos. El disco articular se halla habitualmente conservado y los cambios cartilagosos (adelgazamiento, erosiones y fibrilación) son poco acusados.
- 50 – 60 años: las alteraciones son moderadas. En 1 único caso de 19 en este grupo de edad se apreciaron cambios más intensos que afectaban al extremo clavicular.
- 60 – 70 años: los discos se hallan habitualmente perforados, pero los cambios óseos articulares son poco acusados.

- 70 – 100 años: los daños del disco se hacen más acusados y se aprecian alteraciones óseas y cartilaginosas, de predominio en el lado clavicular, pero mucho menos acusadas que en la articulación acromio-clavicular.

En 1988, Mc Cormick y Stewart presentaron los resultados de su estudio sobre 1965 cadáveres a los que habían retirado el peto esterno-costal. En estas piezas anatómicas, habían realizado estudios radiográficos y habían estudiado los cambios radiológicos observados en relación con la edad y el sexo de los cadáveres (Mc Cormick y Stewart, 1988). Del total de piezas anatómicas, en 162 se extrajeron las clavículas y se descarnaron para comprobar la correlación entre hallazgos degenerativos radiológicamente visibles y osteológicamente valorables.

En relación con los cambios apreciados en las articulaciones de la clavícula, sus análisis destacaron que los cambios degenerativos apreciados en las piezas anatómicas descarnadas mediante examen osteológico fueron mucho más precoces que en los estudios radiográficos. De este modo, los cambios osteofíticos en las extremidades proximales de la clavícula fueron evidentes y comunes a partir de los 60 o 70 años de edad, siendo excepcionales antes de los 50 años de edad. En conjunto, sin definir una línea de progresión estratificada, los autores sugirieron que los cambios degenerativos en esta región eran más comunes a medida que aumentaba la edad de los sujetos.

En el año 2000, Bonsell et al presentaron un estudio sobre hallazgos degenerativos en la articulación acromio-clavicular y gleno-humeral. Para ello, estudiaron una población de 84 pacientes sin sintomatología de hombro de 40 a 83 años de edad, 32 hombres y 52 mujeres con una edad media de 58 años de edad (Bonsell et al. 2000).

En estos sujetos estudiaron 3 tipos de radiografías: una proyección AP de la articulación acromio-clavicular, otra de la articulación gleno-humeral AP y una tercera del desfiladero del supraespinoso. En un total de 498 radiografías analizaron 23 áreas totales por sujeto y valoraron los hallazgos degenerativos según una escala común inespecífica de grados:

- Grado 0 – sin hallazgos
- Grado 1 – hallazgos moderados
- Grado 2 – hallazgos severos

En 14 de las zonas analizadas no se apreciaron hallazgos degenerativos y sí en las restantes 9. En ellas se encontraron hallazgos degenerativos que se relacionaban significativamente con la edad en:

- Esclerosis en las superficies acromial y clavicular de la articulación acromio-clavicular.

- Osteofitos en el borde inferior de acromion y clavícula.
- Estrechamiento del espacio acromio-clavicular.
- Presencia de quistes subcondrales en la superficie del acromion articulando con la clavícula.

Entre los hallazgos no relacionados con la edad se encontraba la modalidad de acromion grado II, descrita como un factor precipitante de manifestaciones de dolor en la región del hombro (tendinitis subacromial), y las lesiones degenerativas en la articulación glenohumeral.

Finalmente, en 2002, Gumina et al estudiaron una colección de 1020 clavículas de una colección osteológica de sujetos de los siglos XVIII y XIX de origen italiano. De estos estudios, pudo realizarse, además un estudio radiográfico de 509 de estas clavículas. En estas clavículas analizaron la presencia de datos de tipo degenerativo en las articulaciones acromio y esterno – claviculares. Los resultados de su análisis sobre presencia o no de datos degenerativos (artrosis) y su grado (leve, moderado y severo) en relación con la edad y el sexo se recogen en la tabla 54 (Gumina et al 2002).

Los hallazgos degenerativos como se ha indicado han sido analizados tanto en exámenes en fresco de las articulaciones, en muestras osteológicas y en análisis mediante radiología simple de tórax. Algunos estudios también han hecho hincapié en la posibilidad de detectar cambios de este tipo en estudios de TAC y RMN. En TAC se pueden apreciar con mayor detalle algunos cambios propios de proliferaciones óseas irregulares en el espacio articular visibles mediante radiología convencional y que pueden corresponder con alteraciones articulares relacionadas con el proceso de degeneración articular, como las sinovitis proliferativas (Destouet et al. 1981). La RMN también es capaz de detectar cambios no claramente visibles en series de radiología simple, como estrechamientos articulares, hipertrofias articulares o pequeños osteofitos marginales (Aslam et al. 2002). Otras alteraciones locales, como linfomas, osteomielitis o sinovitis inespecíficas pueden también simular alteraciones degenerativas y dar lugar a imágenes de aparente degeneración articular en sujetos relativamente jóvenes.

	Articulación acromio-clavicular							Articulación esterno-clavicular					
	Edad	Sexo	Total	Normal	Artrosis total	A. Ligera	A. Moderada	A. Severa	Normal	Artrosis total	A. Ligera	A. Moderada	A. Severa
Sin Articulación Coracoclavicular	21-40	H	67 (59.3)	29 (43.3)	38 (56.7)	28 (73.7)	9 (23.7)	1 (2.6)	34 (50.7)	33 (49.3)	27 (81.8)	5 (15.2)	1 (3.0)
		M	46 (40.7)	20 (43.5)	26 (56.5)	23 (88.4)	2 (7.7)	1 (3.9)	28 (60.9)	18 (39.1)	17 (94.4)	1 (5.6)	0 (0)
		Total	113(22.5)	49 (43.3)	64 (56.7)	51 (79.7)	11 (17.2)	2 (3.1)	62 (54.8)	51 (45.2)	44 (86.3)	6 (11.7)	1 (2.0)
	41-60	H	104 (63.8)	30 (28.8)	74 (71.2)	46 (62.1)	22 (29.7)	6 (8.2)	35 (33.7)	69 (66.3)	46 (66.7)	17 (24.6)	6 (8.7)
		M	59 (36.2)	28 (47.5)	31 (52.5)	24 (77.4)	7 (22.6)	0 (0)	29 (49.2)	30 (50.8)	28 (93.4)	2 (6.6)	0 (0)
		Total	163 (32.5)	58 (35.6)	105 (64.4)	70 (66.7)	29 (27.6)	6 (5.7)	64 (39.6)	99 (60.4)	74 (74.8)	19 (19.2)	6 (6.0)
	> 61	H	187 (82.7)	67 (35.8)	120 (64.2)	63 (52.5)	38 (31.7)	19 (15.8)	68 (36.3)	119 (63.7)	74 (62.2)	34 (28.6)	11 (9.2)
		M	39 (17.3)	20 (51.3)	19 (48.7)	13 (68.4)	6 (31.6)	0 (0)	26 (66.7)	13 (33.3)	11 (84.7)	2 (15.3)	0 (0)
		Total	226 (45.0)	85 (37.6)	141 (62.4)	72 (51.0)	50 (35.4)	19 (13.6)	94 (41.6)	132 (58.4)	85 (64.4)	36 (27.3)	11 (8.3)
Con articulación Coracoclavicular	21-40	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	41-60	H	5 (71.4)	0	5 (100)	2 (40)	2 (40)	1 (20)	0	5 (100)	2 (40)	2 (40)	1 (20)
		M	2 (28.6)	1 (50)	1 (50)	1 (100)	0	0	1 (50)	1 (50)	1 (100)	0	0
		Total	7 (100)	1 (14.3)	6 (85.7)	3 (50)	2 (33.3)	1 (16.7)	1 (14.3)	6 (85.7)	3 (50)	2 (33.3)	1 (16.7)
	> 61	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 54. Resultados sobre datos numéricos y porcentuales de artrosis a nivel de articulaciones acromio y esterno – claviculares en la serie de Gumina et al del año 2002.

Capítulo 4:

COSTILLAS Y CARTÍLAGOS COSTALES

4.1. Recuerdo anatómico

4.1.1. Costillas tipo (3ª a 9ª)

4.1.2. Costilla 1ª

4.1.3. Costilla 2ª

4.1.4. Costillas 10ª a 12ª

4.1.5. Cartílagos costales

4.2. Desarrollo embrionario

4.3. Anatomía radiológica

4.4. Estudios radiológicos y osteológicos

4.1. Recuerdo Anatómico

Las costillas son arcos elásticos que se articulan por detrás con la columna vertebral y constituyen la mayor parte del esqueleto torácico. Existen habitualmente doce pares de costillas; no obstante, este número puede aumentar en caso de que exista una costilla cervical o lumbar o disminuir a once en caso de ausencia de la costilla duodécima. Las siete primeras forman las llamadas costillas verdaderas y se articulan por delante con el esternón. Las restantes cinco son denominadas falsas costillas. De éstas las octava y novena se unen al cartílago de la costilla inmediatamente superior. La décima habitualmente también se articula de forma similar a las costillas 8ª y 9ª. Sin embargo, las costillas 11ª y 12ª tienen sus extremos anteriores libres y se denominan flotantes. La 10ª también se ha observado que puede ser flotante hasta en un 35 a 70 % de casos (Shimaguchi. 1974).

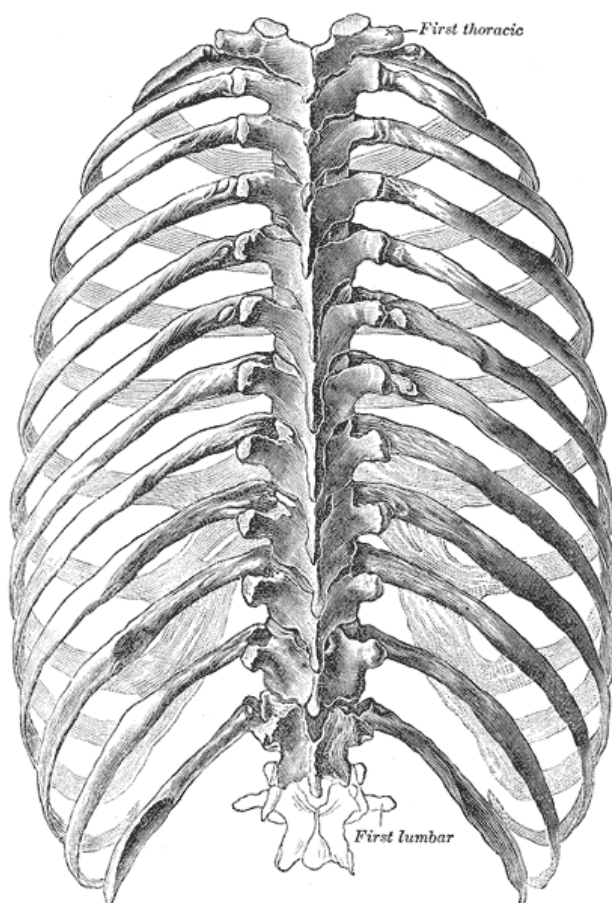


Figura 1. Tórax vista posterior, según Spalteholz
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

La longitud total de las costillas aumenta de la 1ª a la 7ª costilla y luego disminuyen en longitud hasta la 12ª. La anchura de las diez primeras costillas es creciente de detrás hacia delante, siendo máxima en el extremo costal. Su disposición es oblicua en el eje sagital, si bien esta oblicuidad es creciente de la 1ª a la 9ª y disminuye hasta la 12ª.

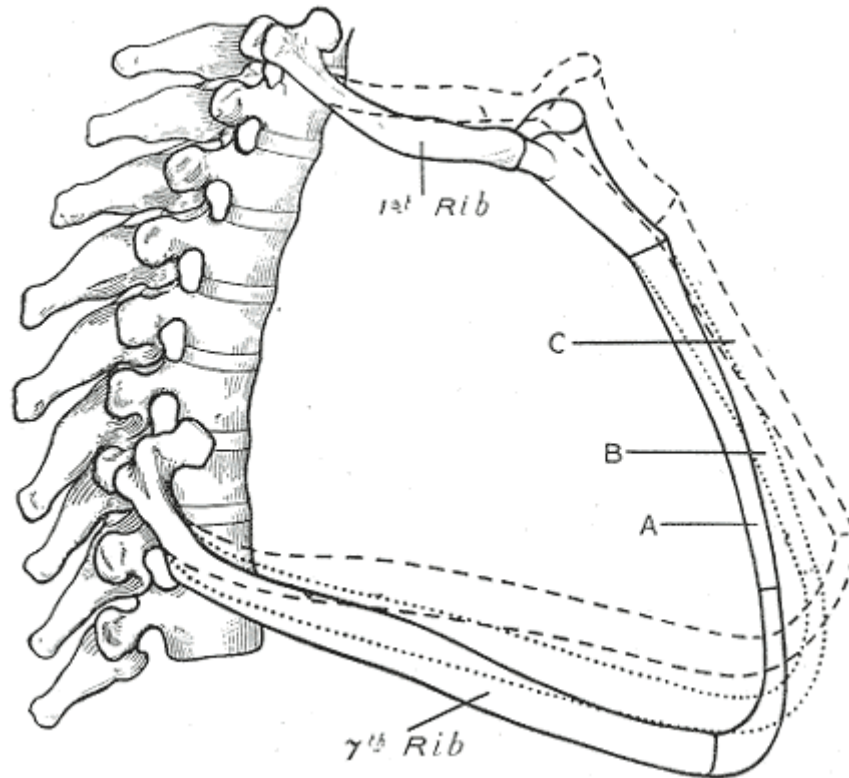


Figura 2. Articulación costo-esternal y manubrio-esternal. Desplazamiento con movimientos respiratorios. (Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

Las costillas 1ª y 2ª y las tres últimas tienen características especiales, pero las siete restantes tienen un patrón anatómico común.

4.1.1. Costilla tipo (3ª a 9ª):

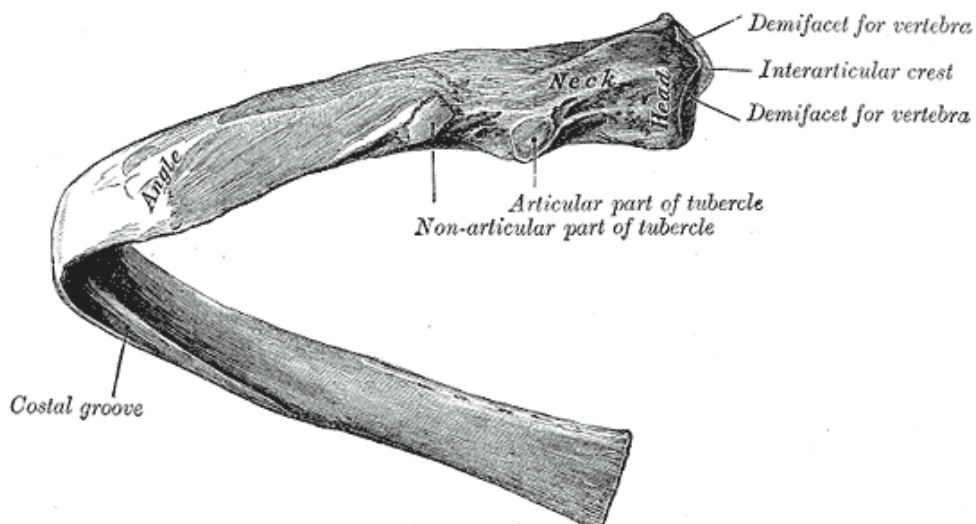


Figura 3. Costilla Tipo izquierda. Vista posterior. (Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

La costilla tipo tiene tres partes diferenciadas:

- Extremidad posterior o vertebral:

Esta está constituida por cabeza, cuello y tuberosidad.

La cabeza presenta dos carillas articulares que se hallan separadas por un cresta. La carilla inferior, de mayor tamaño, se articula con la vértebra que le corresponde numéricamente y la superior con la vértebra superior. La cresta se articula con el disco intervertebral superior.

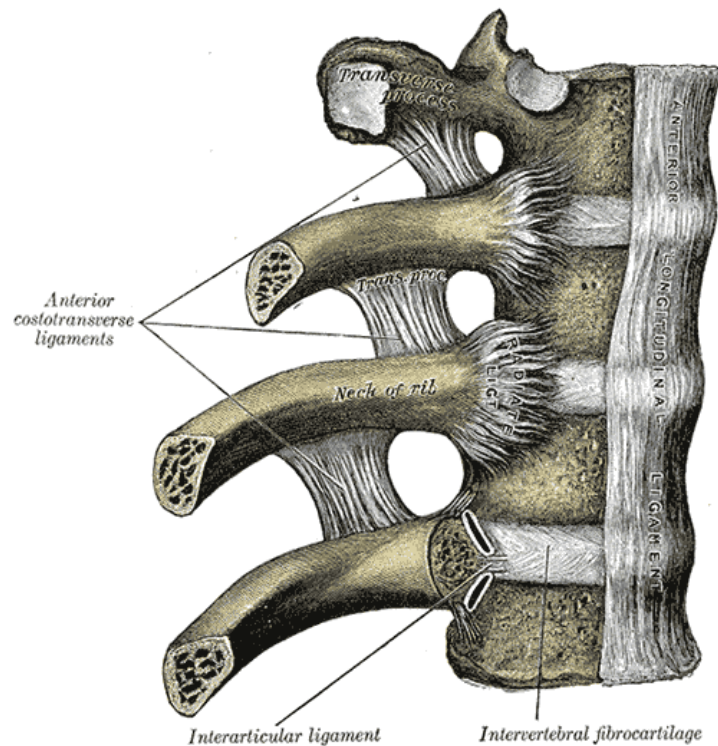


Figura 4. Articulación costo-vertebral.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

El cuello es aplanado y se sitúa inmediatamente por delante de la apófisis transversa de la vértebra correspondiente. Tiene una borde superior cortante (cresta del cuello de la costilla) y el borde inferior es rugoso y redondeado.

La tuberosidad se sitúa en la unión entre el cuello y el cuerpo de la costilla y se localiza en la cara externa a esta unión. Su parte articular tiene una carilla articular que puede unirse con la apófisis transversa de la vértebra que le corresponde numéricamente. La parte no articular es el lugar de inserción ligamentosa.

- Cuerpo:

Es delgado y aplanado, con una cara externa convexa y lisa, una cara interna lisa y una cara inferior surcada por el llamado surco costal. Su forma general es curvada y en su cara externa presenta una cresta ósea poco después de su unión con la tuberosidad

denominada ángulo costal. El eje de la costilla se retuerce, de modo que al apoyar horizontalmente una costilla no se encuentra una superficie de apoyo constante a lo largo de su cuerpo.

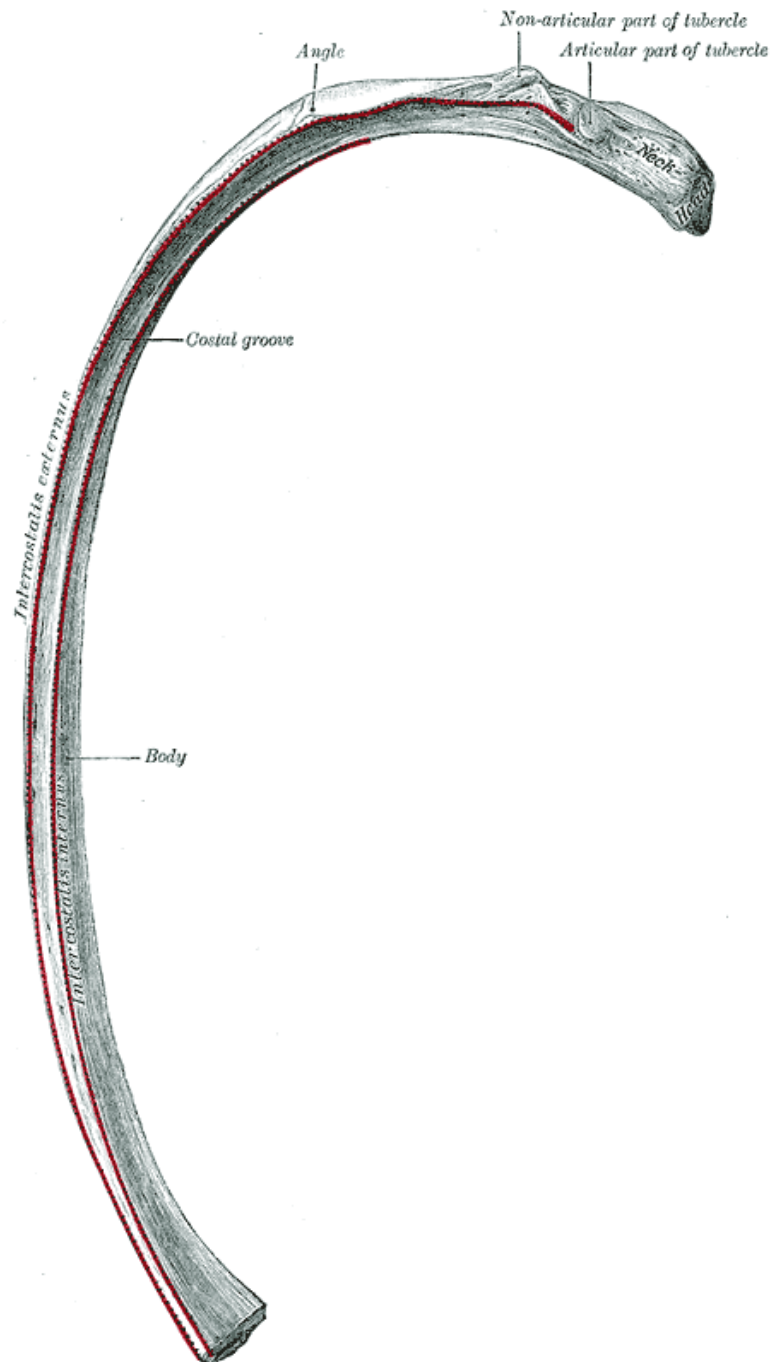


Figura 5. Costilla tipo izquierda. Vista inferior.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

- Extremidad anterior o costal:

En la extremidad anterior, se encuentra una pequeña depresión en forma de copa en la que se articula el extremo lateral del cartílago costal. Esta depresión sufre cambios con la edad que varían con el sexo del sujeto.

4.1.2. Costilla Primera:

Es más corta e incurvada. Su cabeza tiene una única carilla articular redondeada que se articula con la 1ª vértebra torácica. Su cuello es redondeado y su tuberosidad tiene una carilla articular para la apófisis transversa de la 1ª vértebra torácica. El ángulo del cuerpo y la tuberosidad coinciden.

El cuerpo, en su cara superior, está surcado por dos surcos separados por un cresta suave que termina en un pequeño relieve en su borde interno, denominado tubérculo del escaleno. La cara inferior es lisa y carece de surco costal.

El extremo anterior es mayor que en las demás costillas.

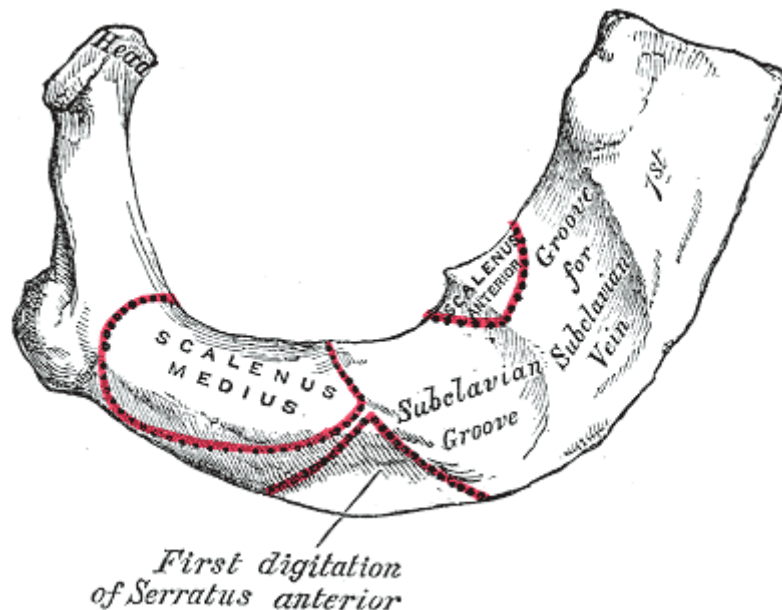


Figura 6. Primera Costilla izquierda. Vista superior.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

4.1.3. Costilla Segunda:

La costilla segunda es casi el doble de larga que la primera, pero su curvatura es similar. Su tuberosidad suele ser pequeña y su cuerpo no se halla retorcido, de modo que la cara externa mira hacia arriba. En su borde inferior presenta un pequeño surco costal.

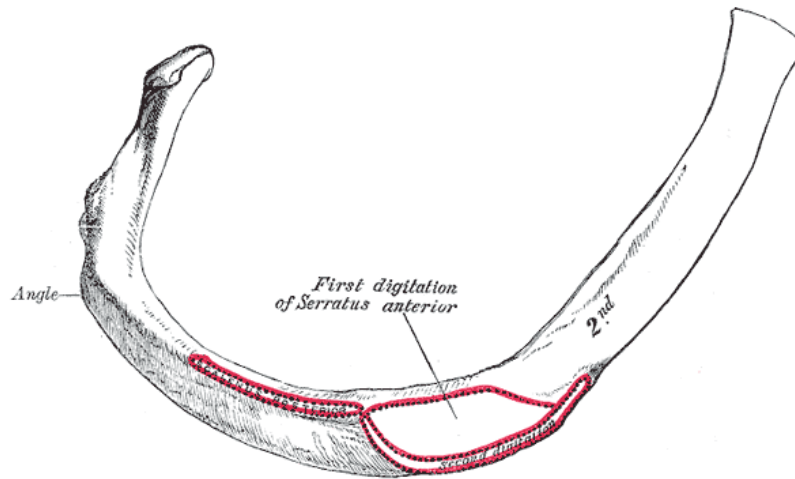


Figura 7. Segunda costilla izquierda. Vista superior.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

4.1.4. Costillas 10ª a 12ª:

La costilla 10ª tiene una única carilla articular en su cabeza, que articula con la 10ª vértebra torácica cerca de su pedículo.

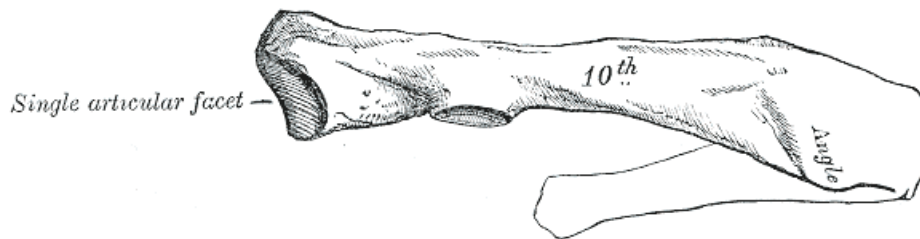


Figura 8. Décima costilla. Vista posterior.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

Las costillas 11ª y 12ª también presentan una única carilla articular en su cabeza. Carecen de cuello y tuberosidades y sus extremos son puntiagudos y revestidos de cartílago. La 11ª tiene un ángulo suave y un surco costal poco profundo; la 12ª carece de ambos.

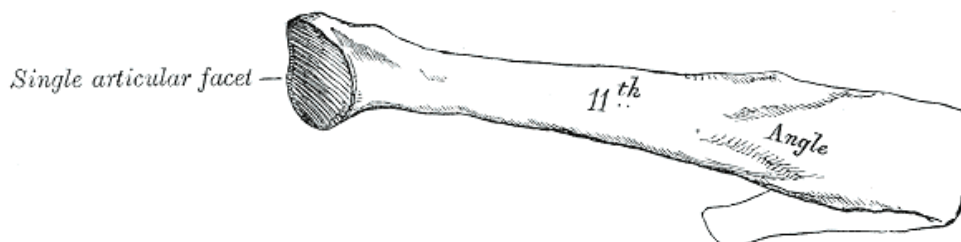


Figura 9. Undécima costilla. Vista posterior.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)



Fig. 10. Duodécima costilla. Vista posterior.

4.1.5. Cartílagos Costales

Los cartílagos costales son barras aplanadas de cartílago hialino que se localizan en el extremo anterior de las costillas. Los siete primeros se unen anteriormente al esternón; los cartílagos 8º, 9º y 10º se articulan con el borde inferior del inmediatamente superior y los 11º y 12º son puntiagudos y terminan en la pared muscular anterior del abdomen.

Son gruesos en su unión con el borde anterior de la costilla y se adelgazan en su unión esternal. Su disposición es descendente en el caso del 1º, horizontal en el 2º y ligeramente ascendente en el 3º. Los restantes siguen la curvatura de la costilla durante un trayecto y, después, se hacen levemente ascendentes para unirse con el esternón.

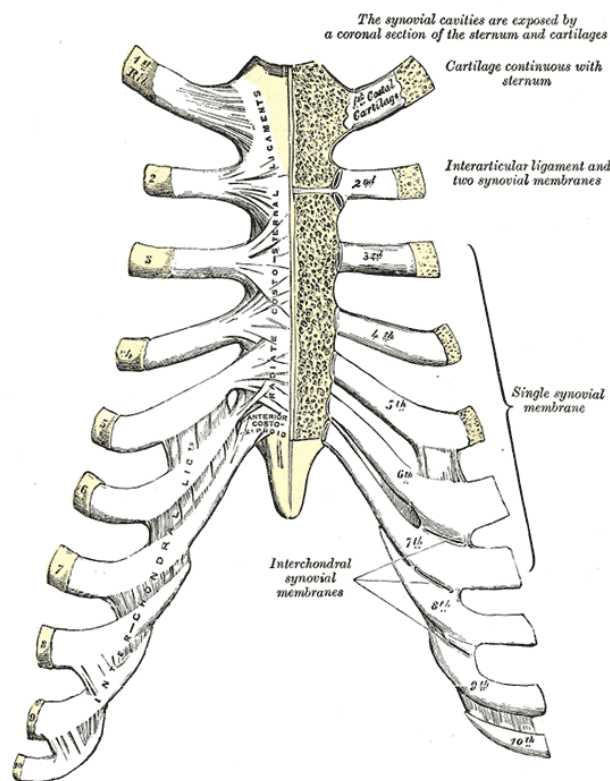


Figura 11. Articulación costo-esternal.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

En la vejez, tienden a sufrir osificación superficial, perdiendo elasticidad y volviéndose quebradizos.

4.2. Desarrollo Embrionario:

Las costillas se desarrollan desde una formación dependiente de la mitad caudal del esclerotomo localizada en la porción del arco neural. Esta costilla primordial avanza ventralmente entre dos bandas de miotomo hasta llegar a conectar con las placas mesenquimales del esternón. La condricación de estas costillas primordiales empieza a producirse hacia el día 36 y avanza ventralmente, de modo que en el momento de la unión con el esternón ya suele haberse iniciado el proceso de osificación primaria. En ese momento, la cabeza de las costillas se independiza de las vértebras con las que forma una articulación costo-vertebral sinovial. La forma de las costillas se va modificando a medida que los órganos intratorácicos se van desarrollando. Este proceso de adaptación a las estructuras intratorácicas continúa tras el nacimiento. Así, entre el momento del nacimiento y el momento en el que el niño inicia la deambulación, el diámetro del tórax aumenta significativamente y este cambio se asocia con el paso de una morfología horizontalizada de las costillas, propia del neonato, a una morfología oblicua, propia del adulto. Este cambio se relaciona, además, con una respiración esencialmente diafragmática del neonato que precede a un patrón de respiración con contribución mayor de la musculatura intercostal (Odgen, 1979; Black y Scheuer, 2000).

Entre las 8ª y 9ª semana intraútero se desarrollan los núcleos de osificación primarios en las costillas 5 a 7 a nivel del ángulo posterior. Hacia las semanas 11ª a 12ª, todas las costillas, con la excepción ocasional del 12ª, presentan un núcleo primario de osificación. Desde este núcleo, progresa la osificación dorsal y, sobre todo, ventralmente. Hacia el 4º mes intraútero, esta progresión ventral parece estabilizarse, dejando una porción ventral sin osificar: el cartílago costo-esternal (Fazekas y Kósa, 1978).

Los núcleos secundarios de osificación se desarrollan de forma menos definida. No existen muchos estudios sobre estos núcleos. Sorprende que algunas series clásicas sobre progresión generales de los núcleos de osificación no traten sobre el desarrollo postnatal de ellos (Galstaun, 1930 y 1937; Flecker, 1933 y 1942). Únicamente Stevenson parece haber analizado someramente el desarrollo de estos núcleos de osificación. Este autor indica que la valoración de la secuencia de aparición y fusión de estos núcleos resulta compleja ya que, en el caso del núcleo del tubérculo, suele producirse de forma rápida y es difícil diferenciar su aparición y fusión. En las piezas óseas estudiadas osteológicamente, los núcleos no fusionados, además, suelen perderse al descarnar las piezas o, dado su pequeño tamaño, no son reconocidos en los restos esqueléticos. El núcleo de la cabeza es menos problemático, según Stevenson, pero su proceso de aparición y fusión suele completarse en un par de años. Según su criterio, estas epífisis serían de poca utilidad en el diagnóstico de la edad (Stevenson, 1924).

Según Black y Scheuer y Mc Kern y Stewart, existen núcleos de osificación en las carillas articulares (cabeza y articulación costo-transversa) y otro núcleo en una zona extrarticular, en

el tubérculo de las costillas que lo presentan (Black y Scheuer, 2000; Mc Kern y Stewart, 1957). El núcleo extrarticular suele ser el primero en desarrollarse entre los 12 y 14 años. El núcleo extrarticular de la primera costilla difiere del resto, ya que una vez se desarrolla, se expande hasta incluir a la porción articular del tubérculo, de modo que puede demorar su desarrollo completo hasta los 17 años. El núcleo articular del tubérculo sigue al núcleo extrarticular en su desarrollo y el de la cabeza de la costilla se suele desarrollar el último, mostrando signos de fusión completa, según Mc Kern y Stewart, hacia los 17 años.

Las distintas costillas siguen una secuencia no predefinida en su proceso de desarrollo epifisario secundario, de modo que no existe una clara aceleración de unas frente a otras. En general, los autores que han estudiado esta progresión suelen aceptar que el proceso de fusión de los núcleos epifisarios secundarios se completa hacia los 22 a 25 años.

4.3. Anatomía Radiológica:

De acuerdo con Freyschmidt et al, en el análisis del esqueleto torácico es necesario tener en mente que las costillas pueden presentar algunas alteraciones morfológicas y variantes anatómicas que carecen de significado patológico y otras, en cambio, que reflejan la existencia de anomalías y patologías que revelan alteraciones significativas del esqueleto costo-esternal (Freuschmidt et al. 2001).

Entre las anomalías con significado patológico, los autores indicados relacionan varias patologías:

- Osteonecrosis: ésta se refleja bajo la forma de discontinuidades en la continuidad de las costillas con formación de fragmentos muy radiodensos que se localizan en la zona adyacente a la discontinuidad. Son causas de esta patología algunas enfermedades del colágeno que se asocian con fenómenos de acro-osteolisis en manos y clavículas. También pueden ser producidas durante la aplicación de radioterapia del cáncer de mama.
- Osteomielitis: es muy rara como foco primario hematógeno. Se manifiestan bajo la forma de áreas de desestructuración ósea acompañadas de esclerosis reactiva.
- Osteomas y encondromas osificados: son muy comunes en las exploraciones radiográficas, especialmente en radiografías digitales de tórax, según los autores. Se manifiestan como zonas de aumento de densidad en el interior de la costillas con márgenes definidos, a menudo redondeados, e interior denso homogéneo en el osteoma y salpicado en el encodroma osificado, pero sin datos de reacción perióstica.
- Tumores malignos: el más común como tumor primario es el condrosarcoma, seguido en frecuencia por Sarcoma de Ewing, linfoma maligno, condroma y osteocondroma.
- Lesiones osteolíticas circunscritas: en niños son comúnmente asociadas con granuloma eosinofílico (histiocitosis de células de Langerhans). En adultos, pueden asociarse con múltiples patologías, como metástasis óseas o plasmocitoma.
- Otras lesiones: aumento de densidad homogénea de las costillas, se puede apreciar en patologías congénitas, como osteopetrosis, hiperostosis endosteal u osteodisplasia, y en algunas patologías adquiridas, como fluorosis o síndrome de osteomieloesclerosis.

Freyschmidt et al (Freyschmidt et al. 2001) y Kurihara et al (Kurihara et al. 1999) indican la existencia de varias alteraciones morfológicas en las costillas valorables en radiografías de tórax, pero sin significado patológico:

- Desarrollos asimétricos de las costillas:

Son comunes en la primera costilla, que habitualmente es más corta y ancha que el resto, pero que también puede ser alargada unilateralmente. Estas asimetrías también son comunes en la 12ª costilla, que puede hallarse ausente o ser más corta que su contralateral. El diagnóstico de costilla corta se establece cuando el margen ventral de ésta es al menos 4 mm más corta de su longitud previsible por la longitud del resto de costillas. La incidencia de esta anomalía es del 16 % en la población general y afecta más al lado derecho, aunque puede observarse de forma simétrica.

- Costilla cervical:

Consiste en una anomalía por la cual aparece una costilla supernumeraria articulada con la vértebra C7. Es una anomalía que afecta del 0,5 % (Kurihara et al. 1999) a 1-2 % (Freyschmidt et al. 2001) de la población y que es más común en mujeres. Habitualmente es una anomalía asintomática, pero se la ha relacionado con el llamado síndrome de desfiladero torácico.

- Discontinuidades de la primera costilla:

En ocasiones puede observarse la presencia de discontinuidades en la primera costilla con formación de auténticas imágenes de pseudoartrosis que no tienen antecedente traumático conocido y que no revelan significado clínico alguno. Su etiología no ha sido aclarada.

- Costilla intratorácica:

La imagen típica la conforma una costilla que articula su cabeza en su nivel vertebral, pero que en el plano anterior pasa por debajo de la costilla inmediatamente superior. En otras ocasiones, adopta la forma de costillas parciales que se articulan con una costilla verdadera y se disponen siguiendo una trayectoria divergente con ella.

- Costilla bífida:

Suele corresponder con un fenómeno de fusión parcial entre dos costillas, de modo que en su parte posterior se fusionan y no lo hacen en el plano anterior, dando lugar a una imagen de una costilla más gruesa en su origen que se bifurca en el plano anterior.

- Puentes óseos entre costillas:

Son comunes entre las costillas 4ª y 5ª y menos comunes entre las costillas 1ª y 2ª.

- Anomalía Srb:

Esta se define radiológicamente por la presencia en la zona inmediatamente inferior a la articulación manubrio-clavicular de una imagen de proyección ósea en forma de cuerno. La anomalía se relaciona con fusiones parciales entre las costillas 1ª y 2ª o 2ª y 3ª, dando lugar a una formación ósea anómala e incompleta del margen anterior de la 2ª costilla.

- Neoartrosis y fusiones intercostales:

Pueden aparecer como variantes de normalidad tanto en el plano anterior como en el posterior y es necesario distinguirlas de posibles neoformaciones óseas relacionadas con patologías metaplásicas óseas, como las espondiloartropatías seronegativas.

- Cabeza costal bífida:

Es una anomalía poco común, pero que puede llegar a observarse en la cabeza de las costillas.

- Alteraciones de morfología en relación con morfotipos torácicos:

En el tórax en túnel, las costillas, en el plano PA, presentan en su parte posterior una disposición casi horizontal o levemente ascendente y en el plano anterior tienen una inclinación marcadamente descendente. En el tórax en barril, las zonas laterales de las costillas no son claramente redondeadas, sino más anguladas y en la parte anterior adoptan una clara elongación e inclinación descendente.

Estas anomalías pueden tener significado patológico si se relacionan con otras anomalías esqueléticas, como:

- 11 pares de costillas
- Costillas adelgazadas, rayadas o de forma tortuosa
- Rayas finas en el interior de las costillas o con bordes erosionados (osteoporosis severa, hiperparatiroidismo, angiomatosis, artritis reumatoide y esclerodermia o paraplejia)
- Costillas excepcionalmente anchas (acromegalia, fluorosis, enfermedad de Paget, enfermedades por depósito, como la enfermedad de Gaucher)
- Costillas cortas y asimétricas múltiples (acondroplasia, osteogénesis imperfecta, displasia cleidocraneal, hipofosfatemia, etc)

- Costillas muy anchas y alargadas (síndrome de Menkes, acondroplasia, hipofosfatemia, síndrome de costillas cortas – polidactilia, etc.)
- Fenómenos de resorción ósea en el borde superior conformando defectos simétricos (artritis reumatoide, neurofibromatosis, síndrome de Marfan, acondroplasia, osteogénesis imperfecta, etc.)

También se observan algunas alteraciones e imágenes radiológicas sin un adecuado correlato anatómico en las radiografías de tórax en relación con las costillas. Entre estas imágenes atípicas se hallan:

- Sombras costales acompañantes:

Son pequeñas sombras con densidad líquida que acompañan a las costillas 1ª y 2ª y que se observan en el 30% a 35 % de la población. Según algunos autores, corresponden con acúmulos grasos en la región intercostal (Figura 12).

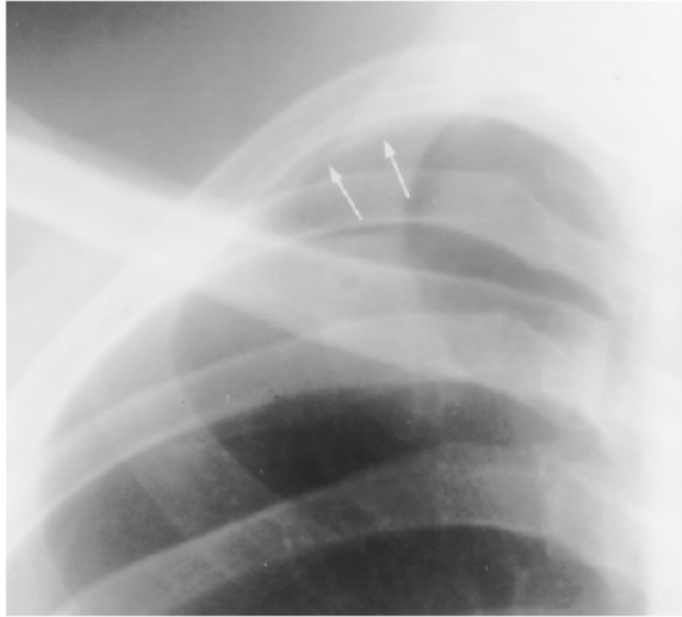
- Líneas radiodensas que discurren a lo largo del margen costal inferior:

Corresponden con la superposición en el margen inferior de la costilla del surco costal neurovascular inferior. Aparecen en todas las costillas que lo poseen, salvo en las 1ª y 12ª (Figuras 13 y 14).

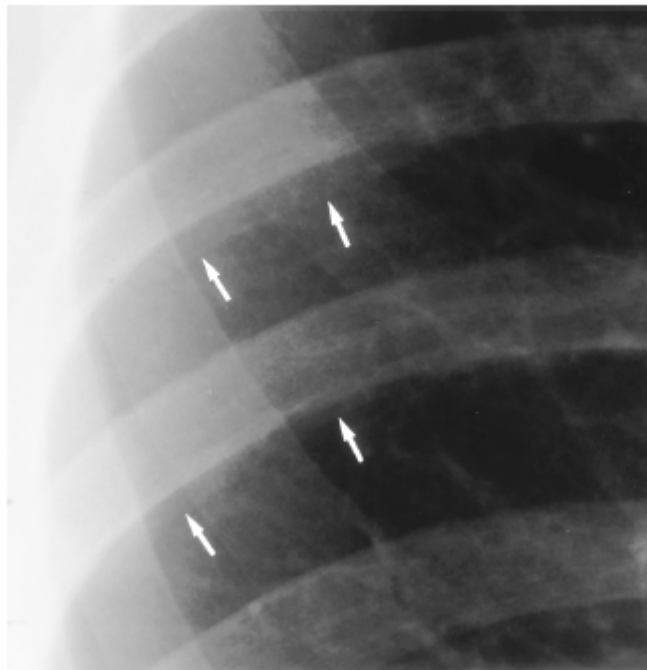
- Pequeñas opacidades localizadas en el margen costal lateral:

Pueden aparecer tanto en la parte anterior como en la posterior del margen lateral de las costillas. Su significado es poco claro, habiéndose sugerido que podían corresponder con las zonas de inserción del músculo serrato en las costillas (figura 15).

El conocimiento de estas variantes de normalidad, patologías e imágenes atípicas es conveniente para una adecuada interpretación de la morfología costal en las radiografías de tórax, especialmente en proyección PA. En el campo clínico, permite detectar patologías precozmente y, en sentido inverso, evitar considerar patológicas imágenes propias de variantes de normalidad. En el campo de la investigación radiológica forense aplicada a la Antropología física y el diagnóstico de la edad, deben ser reconocidas para evitar definir límites morfológicos costales de forma incorrecta y no interpretar erróneamente zonas de neoformación ósea relacionada con la edad con otras variantes patológicas o no y no relacionadas con procesos espontáneos de maduración.



*Figura 12. Imagen de sombra acompañante
(Kurihara et al. 1999).*



*Figura 13. Líneas finas paralelas al margen costal inferior
(Kurihara et al. 1999)*

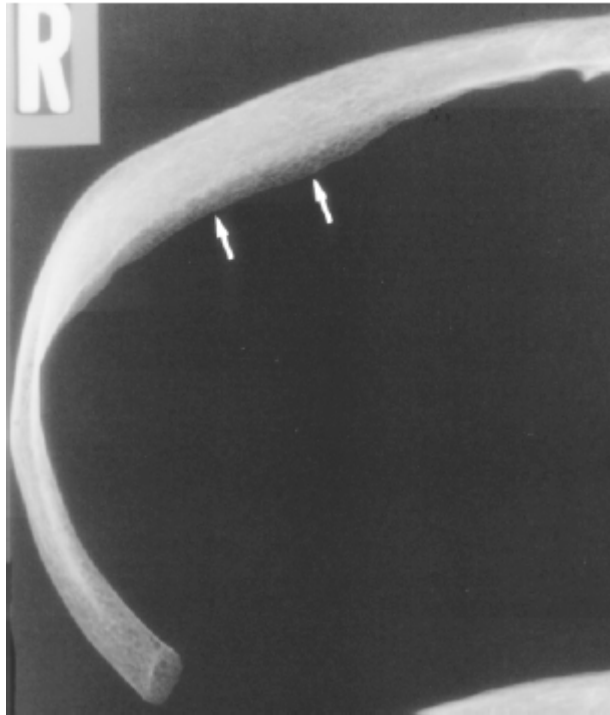


Figura 14. Línea en el margen inferior costal correspondiente con el surco costal inferior (Kurihara et al. 1999)

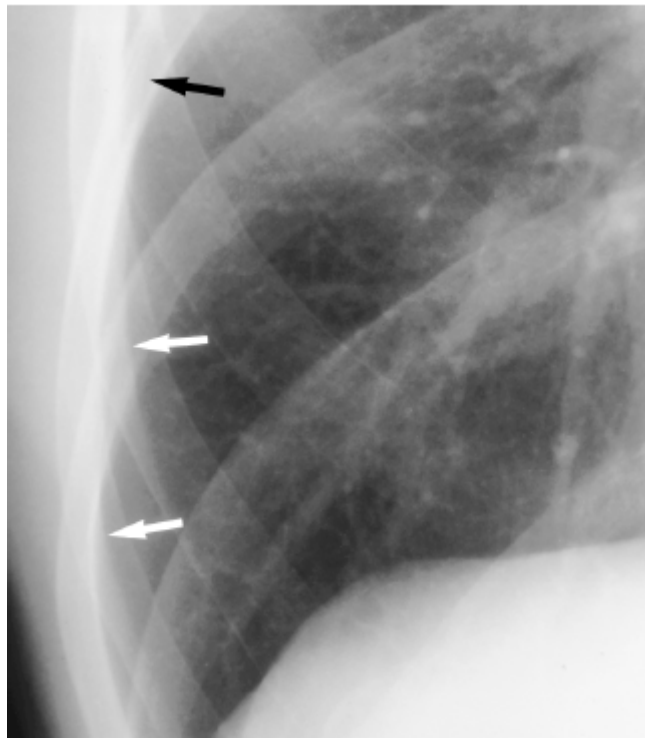


Figura 15. Sombras superpuestas al esqueleto costal (Kurihara et al. 1999).

4.4. Estudios Radiológicos y Osteológicos.

En 1985, Gross BH et al, del Departamento de Radiología del Hospital Universitario de Michigan (EEUU), publican un curioso artículo en la revista de la Asociación Canadiense de Radiología. Dicho trabajo analizó en una serie de 171 pacientes con radiografías de tórax PA y laterales de tórax si un grupo de 4 radiólogos era capaz de identificar la edad de los pacientes por el simple examen de estas radiografías. La edad de los sujetos oscilaba entre un máximo de 81 años y un mínimo de 17, con una edad media de 46 años. El nivel de preparación de los radiólogos en radiología era diverso: un residente de primer año, un adjunto de un año, otro adjunto de 8 años y un profesor emérito. Las estimaciones de edad realizadas por los radiólogos lo fueron no sólo en años exactos, sino también en décadas (treinta a cuarenta, por ejemplo). En su estudio observaron que eran capaces con un alto grado de correlación de identificar la edad de los sujetos de estudio; de este modo la década era correctamente estimada hasta en un 51 % de casos y el punto de medio de la década estimada se hallaba en un rango de 10 años alrededor de la edad real hasta en un 63 % de casos. Además, observaron que el nivel de capacitación previa del examinador no era un factor significativo en cuanto a la precisión de la estimación, ya que el residente de primer año no fue el más impreciso en sus diagnósticos (Gross BH et al. 1985).

Los radiólogos llegaron a la conclusión de que, dado que no habían establecido ninguna sistemática de estudio en la que se analizaran datos específicos que madurasen con la edad (artrosis, osteoporosis, tamaño del corazón, insufiamiento pulmonar, etc) sino que las estimaciones fueron realizadas en gran medida de forma inconsciente, probablemente en el diagnóstico realizado algún fenómeno del tipo de similitud “gestáltica” debía ser un factor sustancial. Esta capacidad, además, debía ser independiente de la formación específica en radiología.

Los autores valoran esta cualidad del reconocimiento de la edad aproximada de una placa como un instrumento que puede ser útil a un radiólogo para considerar que ciertos hallazgos en una determinada placa pueden ser patológicos o meras variantes de normalidad que se desarrollan con la edad, relacionándolos con la edad del sujeto. También, puede ser útil para identificar si la placa corresponde con una sujeto de la edad del sujeto del que se ha obtenido la placa con el fin de evitar errores de archivo de placas con implicaciones médico legales.

Sin embargo, curiosamente, no hacen demasiado hincapié en el hecho de que el estudio revela realmente que “algo” en las placas radiográficas debe revelar “de algún modo” la edad aproximada de los sujetos. Diversos estudios a lo largo de la historia de la radiología y de la Antropología Física han intentado identificar este “algo” y han intentado sistematizar el modo en el que éste expresa la edad aproximada de los sujetos. Estos estudios, en su mayor parte se

han centrado en las características osteológicas de las costillas, de la columna vertebral y de la clavícula (Gross BH et al. 1985).

En relación con los cambios morfológicos y radiológicos de las costillas con la edad, hasta el desarrollo por Iscan et al de su método de examen osteológico morfológico en fases de la evolución de la extremidad esternal de la cuarta costilla, pocas series se han ocupado de dichos cambios (Iscan et al. 1984 a y b y 1985 a y b). Este fenómeno sorprendió a varios estudiosos del tema ya que, tal y como ellos mismos expresaban, los cambios de osificación en una región como el cartílago costo-condral conforman un proceso único que, con la sola excepción de los cartílagos laríngeos, se va desarrollando a lo largo de toda la vida del sujeto.

Uno de los primeros estudios que analizan el proceso de osificación del cartílago costal con la edad en humanos es el desarrollado por Nicholas Michelson, del Dpto. de Antropología de la Universidad de Columbia (Michelson, 1934). Antes de este trabajo, la mayor parte de los estudios se habían centrado en valorar este proceso como un posible reflejo de trastornos patológicos en el sujeto o del efecto de factores ambientales como el stress físico. De hecho, el proceso de osificación de este cartílago era descrito en realidad como un mero proceso de calcificación heterotópica.

Michelson en 1934, para analizar los hallazgos en relación con la edad en la primera costilla, dispuso de 5.098 radiografías de tórax PA. En su análisis definió 4 estadios de calcificación de su cartílago costal, ya utilizados en 1920 por otro autor para las restantes costillas (Ernst, 1920); arbitrariamente a cada estadio le asignó una proporción aproximada de porcentaje del cartílago osificado:

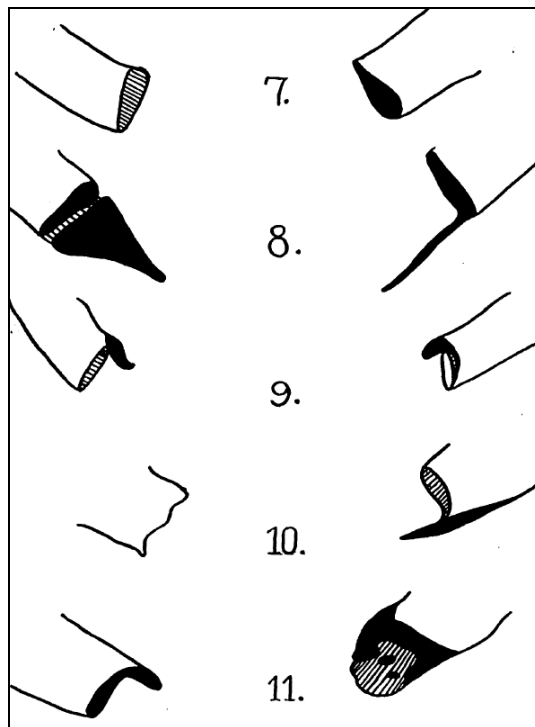
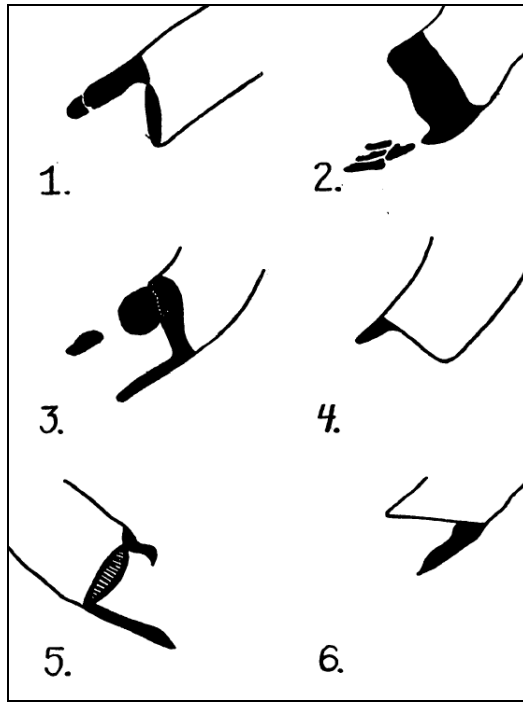
- No calcificación o 0%
- Calcificación mínima o 30 %
- Calcificación media o 60 %: en esta fase, la osificación está avanzada y casi llega a contactar con el esternón.
- Máxima calcificación o 90 %: en esta fase, existe una densidad de calcificación completa que se extiende desde la extremidad costal hasta el esternón.

Además, Michelson, en su estudio identificó 12 posibles patrones de inicio de la calcificación del cartílago de la primera costilla (Figuras 16 y 17). En una subserie de 177 sujetos (354 costillas), estos posibles patrones se distribuyeron según se indica en la tabla 1.

Patrón	Calcificación Asimétrica Derecha	Calcificación Asimétrica Izquierda	Calcificación Simétrica
1	29	16	57
2	5	11	38
3	5	3	4
4	6	7	4
5	0	0	3
6	6	11	1
7	0	1	1
8	0	1	0
9	1	0	2
10	1	1	0
11	0	1	0
12	14	15	0
<hr/>			
Total Personas	67	67	110
<hr/>			
Total Cartílagos	67	67	220

Tabla 1. Distribución de subtipos de patrones de osificación mínima en el primer cartílago costal de la subserie de 177 sujetos de la serie total de Michelson N (Michelson, 1934)

Tomando como referencia los estadios de osificación indicados, Michelson estudió la distribución de resultados con la edad, y confeccionó tablas independientes para hombres y mujeres y en función de su origen étnico (tablas 2 a 5 para razas blancas y negroides; no se incluye la serie de sujetos mixtos). Al adoptar los valores de porcentaje de cartílago osificado que arbitrariamente había considerado para cada estadio elaboró valores promedio de porcentaje de osificación para cada grupo de edad.



Figuras 16 y 17. Formas de inicio de la osificación de la primera costilla en la fase de mínima calcificación descritas por Michelson N (Michelson, 1934)

Edad	Estadio 0 ó 0 %	Estadio 1 ó 30 %	Estadio 2 ó 60 %	Estadio 3 ó 90 %	Total Casos	Promedio de Calcificación
6-10 años	54 (100%)	0	...	....	54	0
11-15 "	43 (82,7%)	9 (17,3%)	0	...	52	5,2 %
16-20 "	83 (41,7%)	114 (57,3%)	2 (1,0%)	0	199	17,8 %
21-25 "	22 (8,9%)	159 (64,1%)	66 (26,6%)	1 (0,4%)	248	35,6 %
26-30 "	0	112 (46,5%)	126 (52,3%)	3 (1,2%)	241	46,4 %
31-35 "	0	32 (16,6%)	126 (65,3%)	35 (18,1%)	193	60,5 %
36-40 "	1 (0,4%)	16 (6,6%)	143 (59,3%)	81 (33,6%)	241	67,8 %
41-45 "	...	7 (3,4%)	104 (51,0%)	93 (45,6%)	204	72,6 %
46-50 "	...	1 (0,6%)	66 (42,0%)	90 (57,3%)	157	77,0 %
51-55 "	...	...	27 (30,0%)	63 (70,0%)	90	81,0 %
56-60 "	...	...	12 (25,0%)	36 (75,0%)	48	82,5 %
61-65 "	...	...	1 (7,1 %)	13 (92,9%)	14	87,9 %
66-70 "	...	...	...	13 (100 %)	13	90 %
71-... "	...	...	...	4 (100 %)	4	90 %
Total					1.758	

Tabla 2. Resultados de la serie de Michelson N para varones de raza blanca (Michelson, 1934)

Edad	Estadio 0 ó 0 %	Estadio 1 ó 30 %	Estadio 2 ó 60 %	Estadio 3 ó 90 %	Total Casos	Promedio de Calcificación
6-10 años	44 (100%)	0	...	....	44	0
11-15 "	40 (76,9%)	12 (23,1%)	0	...	52	6,9 %
16-20 "	149(54,0%)	124 (44,9%)	3 (1,1%)	0	276	41,1 %
21-25 "	33 (16,6%)	146 (73,4%)	20 (10,0%)	0	199	28,0 %
26-30 "	2 (1,2%)	113 (65,3%)	58 (33,5%)	0	173	39,7 %
31-35 "	1 (0,6%)	68 (41,7%)	87 (53,4%)	7 (4,3 %)	163	48,4 %
36-40 "	1 (0,7%)	43 (29,7%)	96 (66,2%)	5 (3,4 %)	145	51,7 %
41-45 "	...	21 (21,4%)	65 (66,3%)	12 (12,3%)	98	57,2 %
46-50 "	...	6 (7,4 %)	61 (75,3%)	14 (17,3%)	81	63,0 %
51-55 "	...	4 (11,4%)	22 (62,9%)	9 (25,7%)	35	64,3 %
56-60 "	...	...	10 (76,0%)	3 (23,1%)	13	66,9 %
61-65 "	...	...	4 (57,1 %)	3 (42,9%)	7	72,9 %
66-70 "	...	...	...	3 (100 %)	3	90 %
71-... "	...	...	...	1 (100 %)	1	90 %
Total					1.290	

Tabla 3. Resultados de la serie de Michelson N para mujeres de raza blanca (Michelson, 1934)

Edad	Estadio 0 ó 0 %	Estadio 1 ó 30 %	Estadio 2 ó 60 %	Estadio 3 ó 90 %	Total Casos	Promedio de Calcificación
6-10 años	13 (100%)	0	...	....	13	0
11-15 "	26 (72,2%)	10 (27,8%)	0	...	36	8,3 %
16-20 "	9 (34,6%)	15 (57,7%)	2 (7,7%)	0	26	21,9 %
21-25 "	4 (7,0 %)	28 (49,1%)	25 (43,9%)	0	57	41,1 %
26-30 "	0	16 (17,8%)	59 (65,6%)	15 (16,7%)	90	59,7 %
31-35 "	0	4 (8,0 %)	36 (72,0%)	10 (20,0%)	50	63,6 %
36-40 "	0	1 (2,1 %)	22 (45,8%)	25 (52,1%)	48	75,0 %
41-45 "	...	...	14 (38,9%)	22 (61,1%)	36	78,3 %
46-50 "	...	...	8 (30,8%)	18 (69,2%)	26	80,8 %
51-55 "	...	...	1 (7,7 %)	12 (92,3%)	13	87,7 %
56-60 "	...	...	0	10 (100 %)	10	90 %
61-65 "	...	...	1 (50,0%)	1 (50,0%)	2	75,0 %
66-70 "	...	...	...	5 (100 %)	5	90 %
71-... "	...	...	...	1 (100 %)	1	90 %
Total					413	

Tabla 4. Resultados de la serie de Michelson N para varones de raza negroide (Michelson, 1934)

Edad	Estadio 0 ó 0 %	Estadio 1 ó 30 %	Estadio 2 ó 60 %	Estadio 3 ó 90 %	Total Casos	Promedio de Calcificación
6-10 años	9 (90,0%)	1 (10,0%)	...	....	10	3,0 %
11-15 "	35 (76,1%)	11 (23,9%)	0	...	46	7,2 %
16-20 "	42 (43,3%)	51 (52,6%)	4 (4,1%)	0	97	18,2 %
21-25 "	23 (16,3%)	86 (61,0%)	32 (22,7%)	0	141	31,9 %
26-30 "	3 (2,9 %)	52 (50,0%)	44 (42,3%)	5 (4,8%)	104	44,7 %
31-35 "	1 (1,2 %)	21 (24,4%)	55 (64,0%)	9 (10,5%)	86	55,1 %
36-40 "	2 (2,6 %)	9 (11,8%)	43 (56,6%)	22 (28,9%)	76	63,6 %
41-45 "	...	1 (2,9 %)	17 (50,0%)	16 (47,1%)	34	73,2 %
46-50 "	...	2 (8,0 %)	11 (44,0%)	12 (48,0%)	25	72,0 %
51-55 "	...	1 (5,0 %)	7 (35,0%)	12 (60,0%)	20	76,5 %
56-60 "	...	...	5 (27,8%)	13 (72,2%)	18	81,7 %
61-65 "	...	...	1 (25,0%)	3 (75,0%)	4	82,5 %
66-70 "	...	...	...	1 (100 %)	1	90 %
71-... "	...	...	...	1 (100 %)	1	90 %
Total					663	

Tabla 5. Resultados de la serie de Michelson N para mujeres de raza negroide (Michelson, 1934)

Las conclusiones del estudio de Michelson fueron que la osificación no se apreció en el cartílago de la primera costilla antes de los 11 años de edad. En todos los casos, la osificación se desarrolla desde el extremo costal hacia el esternón. Antes de los 15 años de edad no existen diferencias significativas entre sexos en ambos grupos raciales. El ritmo de osificación se acelera en ambos sexos hacia los 20 años y a partir de los 40 se enlentece, para completarse hacia los 60 años de edad. En general los sujetos negroides tienden a tener un ritmo de osificación más acelerado que los sujetos de raza blanca.

En 1939, John B King analiza la forma en la que se desarrolla la calcificación en todos los cartílagos costales. En este estudio, presenta los resultados de su revisión de cartílagos costales estudiados desde el punto de vista osteológico, radiológico, bioquímico e histopatológico. Las conclusiones de su estudio fueron significativas en tanto que supusieron un cambio frente a los puntos de vista sobre las causas y significado de la osificación de las costillas expresados por autores anteriores (King JB, 1939).

En primer lugar, King incide sobre el hecho de que, desde el punto de vista histológico, el proceso de osificación de la clavícula no es un proceso de mera calcificación heterotópica. Las descripciones histológicas manejadas revelan procesos vasculares activos interpretados por el autor como de tipo reparativo y que subyacen al fenómeno de la osificación. Las descripciones de autores previos, como Cunningham o Quain, sobre el hecho de que la calcificación de las costillas es un proceso pericondral en el que se produciría una aposición pasiva de calcio en el cartílago, son rechazadas por el autor, quien entiende que la osificación del cartílago costal es un auténtico fenómeno de osificación guiado por factores de estrés físico externo provocado exclusivamente por los movimientos respiratorios. La posición erecta humana, que exige fuerzas intercostales en la respiración es propuesta por el autor como la causa principal del desarrollo activo del fenómeno de osificación de las costillas. La tesis del autor descarta la relación de la calcificación de los cartílagos costales con ciertas patologías, como la tuberculosis, enfisema, bronquitis crónica o fibrosis pulmonar, sífilis o enfermedad vascular arterioesclerótica.

Aunque, al parecer, fue Fischer el primer autor en hacer hincapié en la diferente forma de osificación del cartílago costal en hombres y mujeres (Fischer, 1955), Sanders CP fue el primer autor en lengua inglesa que incidió en un trabajo sobre este aspecto (Sanders CP, 1966). En su trabajo original, Fischer ya incluyó una primera catalogación de las formas de osificación de los cartílagos costales masculinos y femeninos, proponiendo unos primeros patrones de diferenciación sexual (McCormick, Stewart, Langford. 1985).

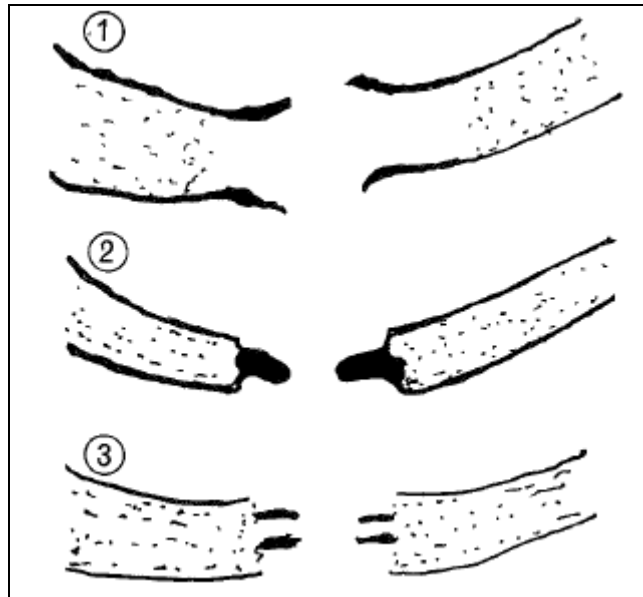


Figura 18. Modelos de osificación de los cartílagos costales según Sanders CP. El tipo 1 corresponde con el patrón masculino puro, el tipo 2 con el femenino más habitual y el tipo 3 con una variante del femenino (Sanders CP, 1966).

El estudio de Sanders CP se centró en el análisis de 1000 radiografías de tórax PA. En 100 de ellas, se pudo analizar la osificación del cartílago costal. La distribución de la muestra fue de 40 mujeres y 60 hombres, con edades entre 31 y 53 años de edad.

Sus resultados indicaron que los varones tenían una calcificación que se iniciaba mediante dos lenguas óseas, una superior y una inferior, que más adelante daban lugar a la fusión central del cartílago (tipo 1). En las mujeres, la mayoría tenían un patrón de osificación mediante una única lengua ósea central (tipo 2) o, en algunos casos, mediante dos lenguas óseas centrales (tipo 3). Las imágenes propuestas por el autor se reproducen en la figura 18.

Unos años más tarde, en 1970, Navani et al ponen a prueba la afirmación de Sanders CP en un estudio sobre 1000 radiografías de tórax PA de sujetos entre 10 y 95 años de Boston (Mass. EEUU). Las placas fueron estudiadas por dos observadores y los patrones de osificación del cartílago costal se clasificaron, de forma similar a Sanders, mediante los tipos:

- Tipo 1
- Tipo 2
- Tipo 3
- Tipo mixto: cuando en un sujeto se hallaban costillas con distintos patrones de osificación.

Los resultados de su serie se resumen en la tabla 6.

Patrón de Osificación	Varones		Mujeres		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Ninguno	130	24,7	91	19,3	221	22,2
Tipo 1	330	62,7	16	3,4	346	34,7
Tipo 2	26	4,9	313	66,5	339	34,0
Tipo 3	0		3	0,6	3	0,3
Patrón Mixto	40	7,7	48	10,2	88	8,8
Total	526		471		997	

Tabla 6. Resultados de la serie de Navani et al sobre patrones de osificación costal en ambos sexos (Navani et al. 1970). De la serie, 3 casos fueron eliminados al no poder definirse claramente el tipo de osificación.

Con estos valores, se calculó el valor predictivo que tendría el hecho de encontrar un determinado patrón de osificación de los cartílagos costales en radiografías PA de tórax. El resultado indicaba que:

- Tipo 1: valor predictivo de sexo masculino del 95 %
- Tipo 2: valor predictivo de sexo femenino del 93 %
- Otros tipos: valor predictivo del sexo femenino del 57 %.

Además, los autores estudiaron la presencia de unos u otros tipos de osificación en relación con la edad y pudieron observar que:

- Tipo 1: aparecía en el 3,3 % de varones menores de 20 años y en el 89,3 % de varones mayores de 60 años. En mujeres, menores de 20 años se encontraba en el 0 % y en el 15,5 % de las mujeres mayores de 60 años.
- Tipo 2: aparecía en el 45,2 % de mujeres menores de 20 años y en el 88,4 % de las mayores de 60 años. En hombres, no se apreciaron diferencias por grupos de edad dada su relativamente escasa frecuencia.

Unos años antes, en 1965, Fully y Dehouve habían hecho una descripción de sus hallazgos sobre las imágenes radiológicas visibles en radiografías de tórax PA en varones y mujeres en relación con la edad (Fully y Dehouve. 1965).

En hombres observaban las siguientes imágenes con la edad en el cartílago costal:

- 20 años: límites entre cartílago y costilla no definidos
- 30 años: límite entre cartílago y costilla neto, rectilíneo y regular
- 40 años: se empieza a apreciar una ligera depresión en el límite costo-condral
- 50 años: el límite se torna irregular y la depresión más profunda
- 60 años: la depresión es profunda y sus límites irregulares, con proliferación ósea por los márgenes, más acusada en el inferior.
- 70 años: osificación y proliferación ósea marginal irregular, existe osificación central de forma constante.

En mujeres describieron una secuencia similar, con aparición de imágenes de osteoporosis en las costillas en mujeres de edades de 50 años y superiores.

En la unión condro-esternal, en cambio, los hallazgos indicaron en ambos sexos:

- 40 años: ligeras calcificaciones del cartílago
- 50 años: superficie articular en el esternón amplia, profunda y con bordes regulares
- 60 años: superficie amplia y profunda, pero con bordes irregulares
- 70 años: aspecto artrósico evidente

En 1975, Semine y Damon publicaron su estudio sobre la osificación condro-costal en radiografías de sujetos de varias poblaciones distintas (Semine y Damon. 1975):

- Islas Solomon: 244 sujetos de la tribu Lau y 323 de la Baegu
- Líbano: 371 sujetos, 65 % musulmanes y 35 % cristianos
- Americanos caucasoides de población hospitalaria: 437 sujetos
- Veteranos del ejército de los EEUU entre 45 y 50 años: 142 sujetos seleccionados al azar

En su análisis de estas radiografías utilizaron un sistema de estadios de osificación del cartílago costal de la primera costilla análogo al de Michelson de 1934:

- Estadio 0: sin osificación visible
- Estadio 1: con osificación mínima, o menor del 10 %
- Estadio 2: osificación del 50 % del cartílago
- Estadio 3: entre el 50 % y el 80 %
- Estadio 4: osificación casi completa

Para las restantes costillas utilizaron un sistema de cuatro estadios basado en la existencia de trazas de osificación en el conjunto de las costillas:

- Estadio 0: sin osificación visible
- Estadio 1: con osificación mínima en 1, 2 o 3 costillas.
- Estadio 2: trazas de osificación en más de 3 costillas, pero en menos del 50 % de las costillas.
- Estadio 3: trazas de osificación en más del 50 % de costillas, pero sin que sea completa en más de 3 costillas.
- Estadio 4: osificación que abarca a más de 3 cartílagos costales completos.

Además, en la población de las Islas Solomon y en la serie de veteranos americanos, se midió la circunferencia torácica y en la serie de soldados veteranos americanos además la capacidad vital, con el fin de comprobar la posible relación entre la osificación de la primera costilla y el perímetro torácico como reflejo de la influencia del estrés respiratorio como factor facilitador de la osificación, tal y como había propuesto King (King. 1939), y de la relación entre la osificación de las costillas inferiores y la capacidad de expansión torácica expresada por la capacidad vital (Semine y Damon. 1975).

Los valores de correlación con la edad de este sistema de estadios fueron mayores de los sugeridos por los estudios previos. Así, para la primera costilla, osciló entre un mínimo de 0,42 para mujeres de la tribu Baegu de las Islas Solomon y un máximo de 0,77 para varones de la tribu Lau. En las restantes costillas, la correlación osciló entre 0,52 para mujeres Baegu y 0,77 para varones Lau y varones caucasoides americanos.

Los valores medios de edad y de resultados para los dos índices de estadios se adjuntan en la tabla 7.

Serie	Edad media	Osificación 1ª costilla	Osificación Costillas inferiores
Varones			
- Americanos	45,1	2,35	1,85
- Líbano	43,8	2,28	1,73
- Lau (Is. Sol.)	44,0	2,50	1,46
- Baegu (Is. Sol.)	42,5	1,90	1,04
Mujeres			
- Americanos	42,9	1,88	1,75
- Líbano	40,6	1,75	1,56
- Lau (Is. Sol.)	43,2	1,27	0,85
- Baegu (Is. Sol.)	42,2	0,95	0,69

Tabla 7. Valores medios de resultados de edad por población y sexos y de puntuaciones en la serie de Semine y Damon (Semine y Damon. 1975).

En general, en la primera costilla, la correlación con la edad fue mayor en varones que en mujeres. Existen diferencias entre las poblaciones, de modo que unas correlacionaron mejor que otras con la edad y ello se interpretó como consecuencia de factores dietéticos. Se sugirió que la dieta más escasa en nutrientes disminuía esta correlación.

En las costillas inferiores se apreció, de forma similar a series anteriores, que las mujeres presentaban una osificación mayor en la adolescencia. Esta se frenaba hasta los 40 años. En los varones, la osificación fue más lenta en su aparición, pero progresaba durante la madurez más constantemente que en mujeres, de modo que a los 30 años, este nivel era similar. A partir de los 40 años, este ritmo se entretecía en varones. Esta evolución fue asociada por los autores, de forma análoga a las sugerencias de autores previos (Sanders.1969), con factores endocrinos.

En relación con la correlación de las medidas torácicas con la osificación de las costillas, autores previos habían establecido que la osificación de la 1ª costilla se relacionaba con el estrés respiratorio y, por tanto, con el perímetro torácico, y la de las costillas inferiores con la capacidad de expansión torácica y la capacidad vital (King.1939). En la serie de varones de las Islas Solomon, se correlacionó el perímetro torácico con la osificación de la 1ª costilla. En varones veteranos americanos, se correlacionó con la osificación de las costillas inferiores. Pese a que estas correlaciones fueron relativamente bajas, su existencia fue interpretada por los autores como muy sugestiva de la validez de las afirmaciones de autores previos sobre la relación entre la osificación costal y los factores mecánicos de estrés respiratorio.

Entre 1980 y 1985, Stewart y McCormick y Langford publicaron cinco estudios sobre la correlación entre la edad y el sexo de los sujetos y la mineralización u osificación de los cartílagos costales. Su muestra de población estuvo compuesta por sujetos de autopsias realizadas en Galveston, Texas (EEUU). Para analizar el parámetro indicado, se obtuvieron de los cadáveres los petos esterno-costales, constituidos por el esternón, los cartílagos costales y 2 a 6 cms de los extremos ventrales de las costillas. Estas piezas anatómicas eran posteriormente radiografiadas en una posición antero-posterior y en ellas se analizaban los hallazgos radiográficos (McCormick. 1980; McCormick y Stewart. 1983; Stewart y McCormick.1984; Stewart et al.1985; McCormick y Stewart. 1988).

La muestra inicial de McCormick incluía 210 cadáveres de edad y sexo conocidos entre tres meses de edad y 86 años (McCormick. 1980). La muestra final de los autores incluyó 1.989 cadáveres de una edad mínima de 15 años de edad (McCormick, Stewart. 1988). La distribución de población de la serie final se incluye en las tablas 8 y 9.

Etnia	Varones	Mujeres	Total
Blancos	851	408	1.259
Negros	321	185	506
Hispanos	140	75	215
Asiáticos	4	2	6
Indios americanos	1	1	2
Total	1318	671	1989

Tabla 8. Distribución por etnias de la población de la serie final de McCormick y Stewart (1988)

Edad	Varones	Mujeres	Total
15 – 19	39	12	51
20 – 24	79	33	112
25 – 29	76	43	119
30 – 34	105	40	145
35 – 39	86	42	128
40 – 44	81	26	107
45 – 49	94	58	152
50 – 54	128	70	198
55 – 59	153	82	235
60 – 64	127	106	233
65 – 69	122	69	191
70 – 74	99	36	135
75 – 79	63	26	89
80 – 84	38	23	61
85 – 89	18	3	21
90 – 94	8	1	9
95 – 99	2	1	3
Total	1318	671	1989

Tabla 9. Distribución por edades de la serie final de McCormick y Stewart (1988)

En el primer estudio de 1980, McCormick sometió, además, a 20 petos extraídos de cadáveres a condiciones de putrefacción espontánea y de acción de insectos al aire libre durante 4 meses para comprobar que los restos óseos se mantenían estables ante estas condiciones de degeneración.

En este primer estudio, se analizaron las radiografías obtenidas para valorar el grado de osificación de los cartílagos costales. Se utilizó como sistema de cuantificación de la osificación uno de 9 estadios (0, trazas o 1, 1+, 1,5, 2+, 2,5, 3, 3,5+ y 4+) basado en una tabla de correlación con imágenes radiológicas estándar (Figura 19). Gráficamente, se apreciaba que los estadios indicados se relacionaban con la edad (Gráfico 1). Los resultados de este primer estudio indicaban que:

- La calcificación de los cartílagos costales era excepcional en sujetos menores de 20 años, aunque se había encontrado un niño mejicano de 15 años con trazas de osificación en la serie.
- La calcificación se desarrolla más tardíamente en mujeres que en hombres.

- Las primeras costillas en las que se aprecian signos de osificación son la 6ª, 7ª y 8ª.
- Se aprecian trazas de osificación en algún cartílago costal en todos los sujetos mayores de 25 años.
- La osificación moderada (grados 2+ a 3+), se apreciaba raramente antes de los 40 años y era común después de los 60 años.
- La osificación intensa (grados 3 a 4+) se apreciaba en sólo en dos sujetos menores de 55 años.

En la misma serie, el autor analizaba la fusión de las esternebras del esternón, concluyendo de forma similar a autores previos, como Fully y de Houve (Fully y De Houve. 1965), que su fusión también se correlacionaba con la edad de los sujetos.

En su segundo estudio analizaron ya 651 petos esterno-costales radiográficamente, pero con el fin de estudiar el valor predictivo del diagnóstico sexual basado en las diversas formas de osificación de los cartílagos costales con el sexo (McCormick, Stewart. 1983). Para ello, como autores previos consideraron tres tipos de osificación:

- Patrón de osificación marginal subpericondral.
- Patrón de osificación central.
- Patrón indeterminado.

Las conclusiones de su estudio de 1983 se resumen en las tablas 10 y 11.

Sexo	Patrón Marginal	Patrón Central	Patrón Indeterminado	Total
Hombres	181	10	216	407
Mujeres	30	81	133	244
Total	211	91	349	651

Tabla 10. Patrones de osificación del cartílago costal según su distribución sexual en la serie de McCormick y Stewart de 1983.

Raza	Patrón Central			Patrón Marginal		
	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
Blanca	7	60	67	94	14	108
Negra	3	13	16	68	13	81
Hispanos	0	8	8	19	3	22
Total	10	81	91	181	30	211

Tabla 11. Tablas de contingencia por sexos y grupo étnico para los patrones típicos de osificación (central o femenino y marginal o masculino) en la serie de McCormick y Stewart de 1983.

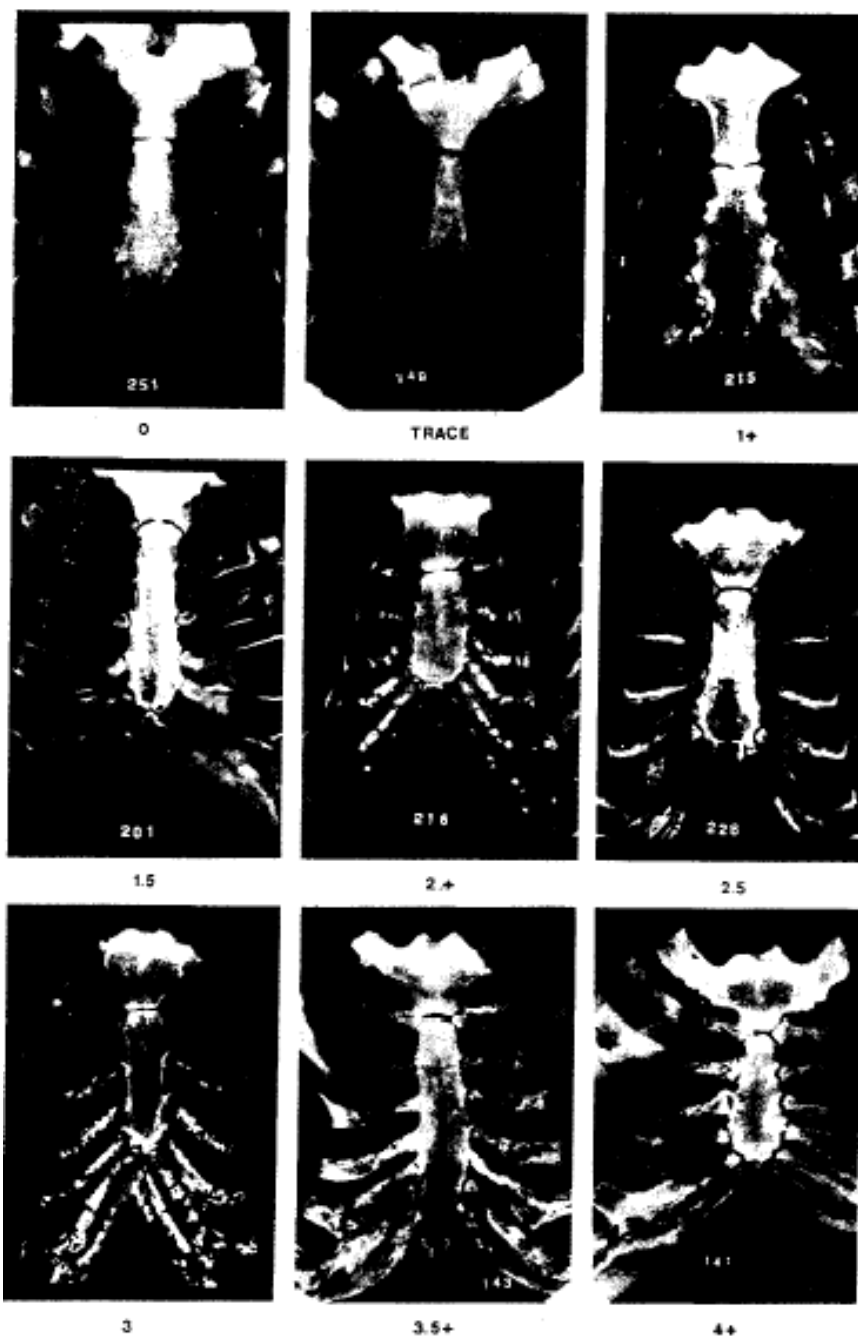


Figura 19. Estándares radiográficos de osificación de los cartílagos costales en la serie inicial de McCormick (McCormick, 1980)

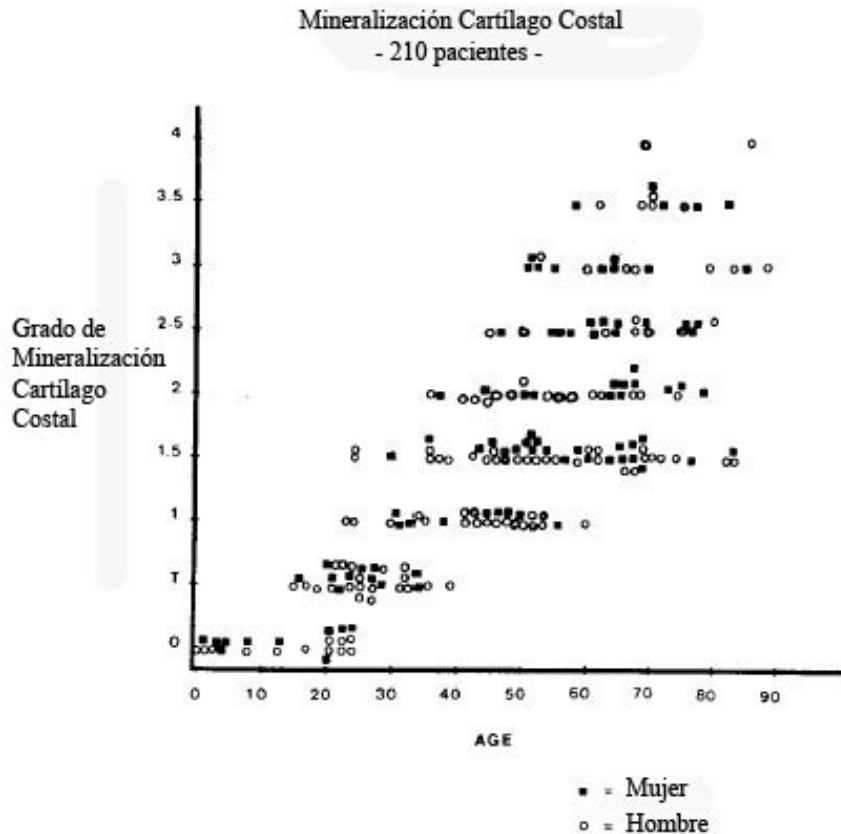


Gráfico 1. Gráfico de correlación entre edad de sujetos y puntuaciones obtenidas mediante el sistema de estadios propuesto por McCormick para su serie inicial (McCormick. 1980)

Las conclusiones del estudio de 1983 les permiten afirmar la existencia de diferencias por edades y sexos, así como interraciales en cuanto a la osificación del cartilago costal.

En el estudio siguiente, analizan 904 cadáveres y estudian a un tiempo las diferencias con la edad, el sexo y la raza del patrón de osificación del cartilago costal (Stewart, McCormick. 1984). En este caso, analizan la distribución de los dos patrones de osificación diferencial sexual ya descritos en el estudio de 1983 y que correlacionan con el sistema descrito previamente por Navani (Navani et al. 1970). Definen, dentro del patrón femenino (central), dos tipos de patrones de osificación:

- Patrón tipo A: patrón de osificación central de aspecto globular localizada en la zona central del cartilago costal; no afecta a la unión esterno-condral y no sigue el patrón marginal, típicamente masculino.
- Patrón tipo B: patrón de osificación central con rasgos también marginales, que afecta a toda la extensión del cartilago, especialmente a la unión condro-esternal.

Sus resultados se resumieron en:

- El tipo A no fue observado en ninguno de los 567 varones.
- En mujeres, el tipo A se observó en 103 de los 337 casos, observándose en todas las razas sólo en mujeres postmenopáusicas (65 % de mujeres mayores de 60 años).
- El tipo B es común en mujeres en torno a 30 años, pero no tenía la misma especificidad que el tipo A.

En la serie de 1985, McCormick, Stewart y Langford analizaron 1133 cadáveres de los que extraen el peto esterno-costal y toman radiografías de él (McCormick, Stewart y Langford. 1985). Estudian en él:

- Longitud y anchura a nivel de la mitad de la incisura costal 1ª del manubrio esternal
- Longitud del cuerpo del esternón
- Anchura de la 4ª costilla
- Anchura del cuerpo esternal a nivel de la unión de las incisuras costales II y III y de las incisuras IV y V.
- Área del esternón (tomando longitud total y el promedio de las tres anchuras)
- Patrón de osificación del cartílago costal

La osificación del cartílago costal la clasificaron en 8 formas:

- Femeninas:
 - o Tipo A: glóbulos de osificación centrales de situación medial en el cartílago.
 - o Tipo B: crecimiento en cono desde la costilla, con progresión a la unión esterno-condral. En sujetos mayores, puede adoptar la forma de una pinza de cangrejo.
 - o Tipo C: osificación central fragmentada que no se inicia en la costilla y que sí que afecta a la unión condro-esternal.
 - o Tipo D: discreta acumulación de osificación central en los extremos costal y esternal, con algunos focos de osificación intermedios en la zona media del cartílago.
- Masculinas:
 - o Tipo E: osificación marginal de predominio en el margen costal inferior. Suele asociarse con osificación de la articulación esterno-condral.
 - o Tipo F: distribución de zonas de osificación marginales con afectación central en “panal de abejas”.
 - o Tipo G: osificación completa de todo el espesor del cartílago. Se interpreta como un estadio avanzado del tipo F.
 - o Tipo H: osificación marginal con un patrón central de fina granulación en forma de manchas de “sal y pimienta”.

- Patrón mixto: corresponde con sujetos en los que coexisten los diversos tipos de osificación de tipo tanto masculino como femenino.
- Patrón nulo: sin apenas trazas de osificación.

Aplicando un algoritmo conjunto del patrón de osificación con las medidas del esternón, obtuvieron un método para realizar una estimación sexual correcta en el 100% de la población de estudio.

Finalmente, el estudio de 1988 de McCormick y Stewart cierra la serie de trabajos publicados por los autores sobre esta materia (McCormick y Stewart. 1988). En esta última serie estudiaron 1965 cadáveres de los que extrajeron los petos esternales. 49 casos fueron analizados, además, histológicamente para confirmar que los hallazgos radiopacos en los cartílagos costales correspondían con focos de osificación.

En relación con la osificación de la primera costilla, los autores propusieron un sistema de cuantificación de la progresión de la osificación gráficamente en 8 estadios (trazas, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4). La osificación solía iniciarse en el borde caudal del extremo costal hacia los 25 a 30 años. La progresión de la osificación se continuaba con la edad hasta la coalescencia completa, especialmente en sujetos que siguen un patrón F de maduración en el resto de las costillas. La secuencia de resultados para la primera costilla se resumen en la tabla 12.

En relación con las restantes costillas, el estudio analizó la progresión de la osificación en los extremos esternal y costal del cartílago de forma diferenciada y valoró en su conjunto los patrones de osificación mediante un sistema de patrones de osificación similar al utilizado en el estudio de 1985.

En la región periesternal del cartílago, se apreciaron datos de osificación en la adolescencia y fue raro no apreciar tales signos en sujetos mayores de 35 años. Entre los 30 y 40 años esta zona de osificación adoptó una estructura trabecular y pudo ser muy evidente en sujetos de 60 años de edad, especialmente en los cartílagos 5º y 6º.

VARONES

Edad	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Total
15-19	9	2	1	0	0	0	0	0	0	12
20-24	28	1	3	0	1	0	1	0	0	34
25-29	12	4	7	2	1	2	1	0	0	29
30-34	13	13	9	6	1	2	2	0	0	46
35-39	6	8	11	3	3	0	1	2	0	34
40-44	3	3	7	6	7	3	3	0	0	32
45-49	5	8	10	4	6	3	2	0	1	39
50-54	1	9	9	14	7	1	3	0	2	46
55-59	1	11	20	11	14	5	8	2	2	74
60-64	2	9	16	12	10	6	11	5	4	75
65-69	0	2	11	13	18	5	7	0	1	57
70-74	0	2	14	8	11	3	3	1	1	43
75-79	0	4	3	6	6	4	8	0	2	33
80-84	0	0	2	0	2	2	4	1	0	11
85-89	0	0	1	0	5	0	0	3	0	9
90-94	0	0	1	1	2	1	1	0	0	6
95-99	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total	80	76	125	86	95	37	55	14	13	581

MUJERES

Edad	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Total
15-19	2	1	2	0	1	0	0	0	0	6
20-24	5	0	3	0	0	0	0	0	0	8
25-29	13	2	2	0	3	1	1	0	0	22
30-34	7	5	5	2	2	0	0	0	0	21
35-39	3	5	9	2	1	0	1	0	0	21
40-44	0	2	5	1	1	1	0	1	0	11
45-49	1	1	5	1	3	0	0	0	0	11
50-54	3	7	13	2	1	0	1	0	0	27
55-59	1	6	12	3	7	1	1	0	0	31
60-64	3	11	10	2	4	1	3	1	0	35
65-69	0	0	6	9	3	2	3	1	0	24
70-74	1	0	5	3	3	2	2	0	0	16
75-79	0	2	3	1	2	0	2	0	0	10
80-84	0	0	1	2	3	1	1	0	0	8
85-89	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
90-94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95-99	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total	39	42	82	29	34	9	15	3	0	253

Tabla 12. Resultados de la serie de McCormick y Stewart de 1988 sobre la progresión de la osificación con la edad y el sexo en la primera costilla.

VARONES

Edad	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Total
15-19	11	1	0	0	0	0	0	0	0	12
20-24	27	3	3	1	0	0	0	0	0	34
25-29	8	4	16	1	0	0	0	0	0	29
30-34	4	12	18	6	5	1	0	0	0	46
35-39	3	4	12	10	6	0	0	0	0	35
40-44	1	4	5	8	11	2	1	0	0	32
45-49	0	2	11	9	11	3	2	0	1	39
50-54	0	2	10	16	11	3	4	0	0	46
55-59	2	1	12	25	12	11	7	3	1	74
60-64	0	2	14	20	17	7	10	5	0	75
65-69	0	1	9	13	15	7	11	1	0	57
70-74	0	1	8	12	11	3	8	0	0	43
75-79	0	0	4	6	7	2	13	1	0	33
80-84	0	0	0	2	0	4	4	1	0	11
85-89	0	0	1	1	1	0	5	1	0	9
90-94	0	0	0	0	3	1	2	0	0	6
95-99	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Total	56	37	123	130	110	44	67	13	2	582

MUJERES

Edad	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Total
15-19	4	1	0	1	0	0	0	0	0	6
20-24	5	3	0	0	0	0	0	0	0	8
25-29	12	6	4	0	3	1	1	0	0	22
30-34	1	7	10	3	0	0	0	0	0	21
35-39	1	3	13	4	0	0	0	0	0	21
40-44	1	2	7	0	1	0	0	0	0	11
45-49	1	3	6	1	0	0	0	0	0	11
50-54	0	4	14	5	4	0	0	0	0	27
55-59	1	3	20	4	2	1	0	0	0	31
60-64	1	8	17	6	3	1	0	0	0	35
65-69	0	1	13	8	0	1	1	0	0	24
70-74	0	0	9	3	1	2	1	0	0	16
75-79	0	0	4	5	0	1	0	0	0	10
80-84	0	0	2	2	3	1	0	0	0	8
85-89	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
90-94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95-99	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Total	27	41	120	42	14	8	2	0	0	253

Tabla 13. Resultados de la serie de McCormick y Stewart de 1988 sobre la progresión de la osificación con la edad y el sexo en la región periosterna de los cartílagos costales de las costillas inferiores.

Los autores propusieron un sistema de cuantificación de la osificación en el extremo externo del cartílago en una escala del 0 a 4:

- 0: sin datos de osificación
- 1: botones de osificación que llegan a ocupar la mayor parte de la anchura de la unión condro-esternal.
- 2: grandes áreas de osificación que ocupan completamente la anchura de la unión condro-esternal.
- 3: elongación lateral de las zonas de osificación del extremo esternal
- 4: cambios que afectan a la mayor parte del cartílago

Los resultados de esta región periesternal se resumen en la tabla 13.

En el extremo costal propusieron un sistema similar de cuantificación de resultados, añadiendo, además, los patrones de osificación de este extremo y de la porción media del cartílago basados en la clasificación de patrones ya propuesta anteriormente (McCormick, Stewart y Langford. 1985). La distribución de resultados por edad y sexo se resumen en las tablas 14 a 17.

Edad	Blancos	Negros	Hispanos
50 – 54	1	1	1
55 – 59	1	1	1
60 – 64	6	0	0
65 – 69	10	4	1
70 – 74	2	2	1
75 – 79	4	1	1
80 – 84	5	2	0
Total	29	11	5

Tabla 14. Resultados de sujetos con osificación de cartílago costal de tipo A en la serie de McCormick y Stewart de 1988. En este caso, todos los sujetos con este patrón de osificación fueron mujeres mayores de 50 años.

Edad	Varones			Mujeres		
	Blanco	Negro	Hispano	Blanca	Negra	Hispana
15-19	1	0	0	0	2	1
20-24	0	0	0	2	1	1
25-29	1	0	0	3	1	1
30-34	2	1	1	5	3	1
35-39	0	0	0	4	1	1
40-44	1	0	0	2	3	1
45-49	0	0	0	5	1	2
50-54	1	0	0	2	1	1
55-59	0	0	0	8	1	0
60-64	0	0	0	8	0	0
65-69	1	0	0	4	1	1
70-74	1	0	0	0	0	0
75-79	0	0	0	1	0	0
Total	8	1	1	44	15	10

Tabla 15. Resultados de sujetos con osificación de cartílago costal de tipo B en la serie de McCormick y Stewart de 1988.

Edad	Varones			Mujeres		
	Blanco	Negro	Hispano	Blanca	Negra	Hispana
20-24	0	0	2	0	0	0
25-29	10	2	1	0	0	0
30-34	14	5	5	1	2	1
35-39	15	6	3	2	3	0
40-44	18	6	5	1	2	1
45-49	20	7	2	0	0	0
50-54	28	8	7	2	3	1
55-59	41	9	4	4	5	2
60-64	41	15	3	7	1	0
65-69	40	7	3	0	0	0
70-74	22	6	1	1	4	0
75-79	14	4	2	0	0	0
80-84	4	5	0	0	0	0
85-89	4	1	0	0	2	1
90-94	5	1	0	0	0	0
95-99	1	0	0	0	0	0
Total	277	82	38	18	24	6

Tabla 16. Resultados de sujetos con osificación de cartílago costal de tipo E en la serie de McCormick y Stewart de 1988.

Edad	Tipo F			Tipo G	
	Blanco	Negro	Hispano	Blanca	Negra
20-24	0	0	1	0	0
25-29	2	1	0	0	0
30-34	3	1	2	0	0
35-39	5	0	0	0	0
40-44	3	0	0	0	0
45-49	3	0	0	0	0
50-54	4	0	0	0	0
55-59	7	0	0	2	0
60-64	6	1	1	3	1
65-69	4	0	0	1	0
70-74	0	0	0	0	0
75-79	0	1	0	0	0
80-84	0	0	0	0	0
85-89	1	0	0	0	0
Total	38	4	4	6	1

Tabla 17. Resultados de sujetos con osificación de cartílago costal de tipo F y G en la serie de McCormick y Stewart de 1988. Todos los sujetos en la serie con estos tipos fueron varones.

También en 1988, Rao y Pai presentaron un estudio sobre la evolución de los patrones de osificación del cartílago costal en 1000 radiografías de tórax PA tomadas a sujetos hindúes. La población consistió en 512 varones y 488 mujeres entre los 1 y 80 años de edad. En algunos casos, para poder valorar la existencia de datos de osificación en costillas inferiores se usaron también radiografías de abdomen (Rao y Pai.1988).

Identificaron en su estudio cuatro patrones de osificación, adoptando una variante del método propuesto por Navani et al (1970) y Sanders (1966):

- Tipo A: patrón marginal de osificación clásico
- Tipo A1: variante del patrón A en la que las zonas de osificación no exceden el margen costal.
- Tipo B: patrón de osificación central
- Tipo C: patrón mixto por combinación de los anteriores en distintas costillas.

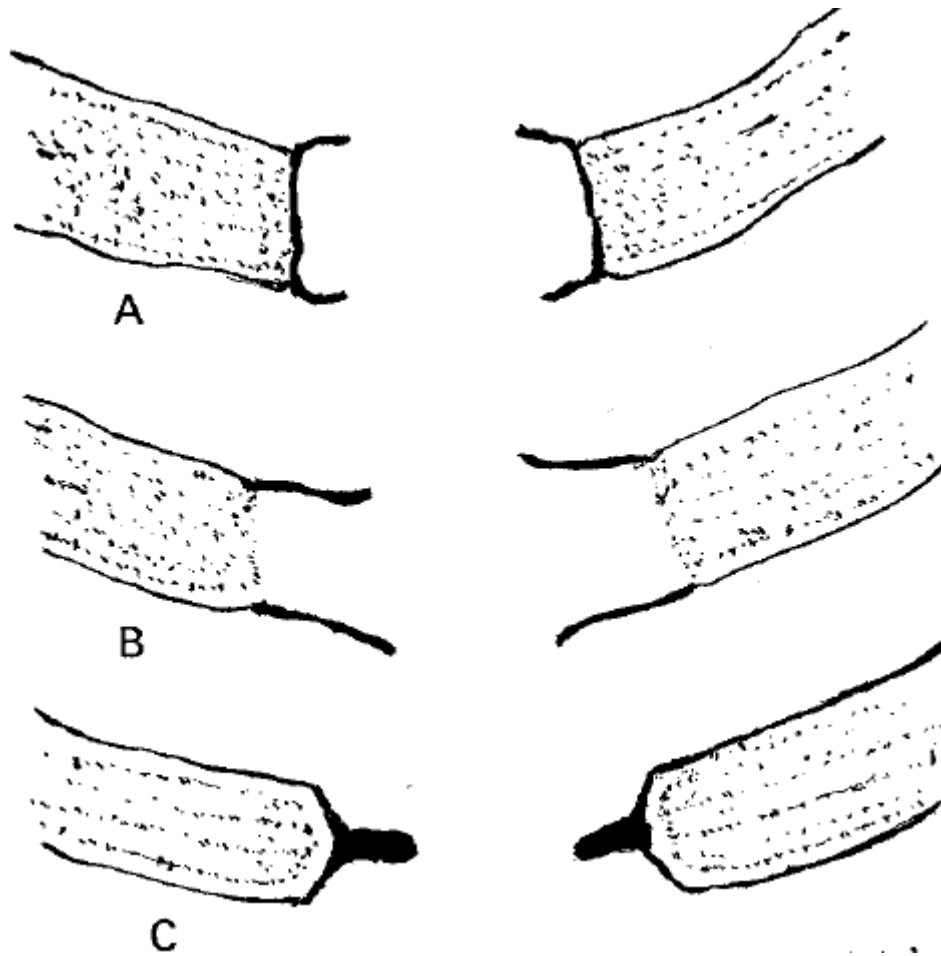


Figura 20. Sistema de estadios propuestos por Rao y Pai para la osificación costal. El patrón A corresponde con el tipo A; el B con el tipo A1 y el C con el tipo B.

Los resultados de distribución de cada patrón por sexos se resumen en la tabla 18.

A la vista de estos resultados, los autores calcularon el valor predictivo de cada patrón para cada sexo y estimaron que el valor predictivo positivo (VPP) fue para la serie de Rao y Pai:

- Tipo A: varón con un VPP de 92,3 %
- Tipo A1: varón con un VPP de 95,3 %
- Tipo B: mujer con un VPP de 95,5 %
- Tipo C: mujer con un VPP de 68,9 %

VARONES

Edad	Nº total	Tipo Ninguno		Tipo A		Tipo A1		Tipo B		Tipo C	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1-15	61	61	100 %	...	...	...	...	...	...	...	...
16-30	149	32	21,5 %	89	59,7 %	17	11,4 %	8	5,4 %	3	2,0 %
31-45	206	18	8,7 %	130	63,1 %	38	18,4 %	4	1,9 %	16	7,8 %
46-60	90	10	11,1 %	64	71,1 %	7	7,7 %	3	3,3 %	6	6,7 %
60-...	6	...	...	5	83,3 %	...	...	...	...	1	16,7 %
Total	512	121	23,6 %	288	56,3 %	62	12,1 %	15	2,9 %	26	5,1 %

MUJERES

Edad	Nº total	Tipo Ninguno		Tipo A		Tipo A1		Tipo B		Tipo C	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1-15	70	70	100 %	...	...	...	...	...	...	...	...
16-30	123	16	13,0 %	16	13,0 %	...	...	85	69,1 %	6	4,9 %
31-45	192	17	8,9 %	5	2,6 %	2	1,0 %	140	72,9 %	28	14,6 %
46-60	96	1	1,1 %	2	2,1 %	1	1,1 %	72	75,0 %	20	20,8 %
60-...	7	...	...	...	...	...	...	6	85,7 %	1	14,3 %
Total	448	104	21,3 %	23	4,7 %	3	0,6 %	303	62,1 %	55	11,3 %

Tabla 18. Distribución de patrones de osificación con la edad para cada sexo en la serie de Rao y Pai de 1988.

En 1984, MY Iscan presentaron el primer trabajo de una serie dedicada al análisis osteológico y morfológico de los cambios operados en las costillas con la edad (Iscan, Loth y Wright. 1984a). Posteriormente, el método fue presentado en 1984 y 1985 en dos trabajos separados analizando la correlación de los hallazgos morfológicos en la extremidad esternal de la costilla en hombres y mujeres (Iscan, Loth y Wright. 1984b, 1985). El análisis conjunto de estos estudios fue resumido en el tratado sobre Antropología Física de Krogman en 1986 (Krogman e Iscan. 1986).

Para elaborar su método Iscan et al tomaron la cuarta costilla derecha de 118 varones y de 86 mujeres autopsiados en la oficina del Medical Examiner del condado de Broward (Florida, EEUU). En estas costillas analizaron la extremidad esternal y observaron que se podían definir 9 estadios morfológicos en ambos sexos. Los hallazgos morfológicos que sustentaban estos estadios eran:

- Identación amorfa en el fondo de la carilla esternal que pasa de un forma en V a U.
- Superficie articular levemente ondulada que pasa por cambios poróticos hasta la formación de una cavidad que puede rellenarse con formaciones óseas neoformadas.
- Reborde suave y continuo que pasa a ser indentado, afilado e irregular.
- Ausencia de proyecciones óseas que pasan a formar proyecciones irregulares desde el fondo de la carilla articular.
- Paredes gruesas y sólidas que pasan a hacerse finas y con aparición de oquedades en el hueso en forma de ventanas.
- Textura ósea sólida que pasa a ser frágil, reflejando el deterioro óseo.

Basados en estos criterios, y sobre una muestra total entre 1985 y 1987 de 230 costillas derechas, elaboraron un sistema de estadios en 8 fases que correlacionaron con la edad de los sujetos de forma diversa en hombres y mujeres (Figuras 21, 22 y 23).

En 1986, Iscan y Loth publicaron otros dos estudios sobre pruebas realizadas con su método aplicado por un grupo de antropólogos titulados y en formación en hombres y mujeres de raza blanca. En 1987 Iscan, Loth y Wright presentaron otro estudio sobre las variaciones raciales para su método de estudio al realizar una comprobación de su método en sujetos de raza negra (Iscan y Loth, 1986a, 1986b; Iscan, Loth y Wright. 1987). La prueba con varios antropólogos confirmó la validez en precisión y reproducibilidad de su método. El estudio en sujetos de raza negra de Iscan et al sugirió que estos tendían a tener una evolución acelerada frente a los de raza blanca en relación con las fases descritas.

Esencialmente, las fases descritas por Iscan y Loth para hombres y mujeres son:

- Hombres:

- Fase 0 (16 y más joven): La cara articular es plana u ondulada, con un reborde regular que lo rodea. El hueso en sí es suave, firme y muy sólido.
- Fase 1 (17 - 19 años): Hay un comienzo de formación de indentación amorfa, pero las ondulaciones pueden seguir presentes. El borde es redondeado y regular.
- Fase 2 (20 - 23 años): La fosa es ahora más profunda y adquiere forma de V, formada por las paredes anterior y posterior. Las paredes son gruesas con bordes festoneados que las rodean. El hueso es firme y sólido.
- Fase 3 (24 - 28 años): Al profundizarse la cara articular comienza a estrecharse tomando forma de U. Las paredes son todavía gruesas, con caras redondeadas. Pueden aparecer algunas indentaciones, pero el borde comienza a ser más irregular.
- Fase 4 (26 - 32 años): La profundidad de la fosa se incrementa, pero la forma es todavía estrecha y en forma de U. Las paredes son cada vez más delgadas y el borde más irregular. El hueso pierde anchura y firmeza.
- Fase 5 (33 - 42 años): Hay pocos cambios en la profundidad de la fosa, pero la forma en esta fase es claramente en U. Las paredes muestran mayor adelgazamiento. El borde es cada vez más irregular. Los patrones de festoneado se completan y son reemplazados por proyecciones irregulares del hueso. Las condiciones del hueso son todavía buenas, aunque hay algunos signos de deterioro con evidencia de porosidad y pérdida de densidad.
- Fase 6 (43 - 55 años): Las paredes son delgadas. El borde es irregular y exhibe algunas proyecciones de hueso bastante grandes, que son más frecuentes y pronunciadas en los bordes superior e inferior. El hueso es cada vez más poroso, especialmente dentro de la fosa.
- Fase 7 (54 - 64 años): La fosa es profunda con una forma cada vez más amplia en U. Las paredes son delgadas y frágiles, con caras afiladas e irregulares y proyecciones óseas. El hueso es ligero y con oquedades y hay un deterioro significativo.
- Fase 8 (65 años o más): Es la fase final. La fosa es muy profunda y con forma ancha en U. En algunos casos el suelo de la fosa está ausente y lleno de proyecciones óseas. Las paredes son extremadamente finas, frágiles y quebradizas, con caras afiladas.

- Mujeres:

- Fase 0 (13 años o menos): La cara articular es plana con rugosidades u ondulaciones. La cara más externa del extremo esternal está bordeada por lo que parece una superposición de hueso. El borde es regular, redondeado y el hueso en sí es firme y muy sólido.

- Fase 1 (14 - 15 años): Al principio puede aparecer una indentación amorfa en la cara articular. Pueden estar presentes las ondulaciones. El borde es redondeado y regular con unas pequeñas ondulaciones en algunos casos. El hueso permanece sólido, firme y suave.
- Fase 2 (16 - 19 años): La depresión está considerablemente más hundida y adquiere forma de V. El borde es ondulado con algunas formas dentadas que empiezan a formarse. El hueso es firme y sólido.
- Fase 3 (20 - 24 años): En algunos casos hay un ligero incremento de la profundidad de la fosa, pero la forma en V es más amplia, algunas veces adoptando forma de U ya que las paredes comienzan a adelgazarse. Las caras redondeadas ahora son más pronunciadas, con un patrón dentado más regular. En esta fase, las paredes anterior y posterior pueden comenzar a exhibir en el centro un arco de hueso semicircular.
- Fase 4 (24 - 32 años): Hay un notable incremento de la profundidad de la fosa que ahora adopta forma de V o U estrecha. Las paredes son más delgadas, pero el borde es redondeado. Las indentaciones no están bien definidas y aparecen como gastadas. La calidad del hueso es buena, pero hay un descenso de la densidad y firmeza.
- Fase 5 (33 - 46 años): En la mayoría de los casos aparece un depósito óseo en el centro de la fosa. No hay un patrón dentado y las caras comienzan a afilarse. El borde comienza a ser más irregular, pero el arco central es todavía más prominente. El hueso es notablemente más ligero en cuanto a peso, densidad y firmeza.
- Fase 6 (46- 58 años): Se incrementa la profundidad de la fosa y su forma se amplía. La placa ósea sigue apareciendo pero es más rugosa y porosa. Las paredes son mucho más delgadas. El arco central es menos obvio y, en muchos casos, se proyectan puntos afilados.
- Fase 7 (59 - 71 años): En esta fase la depresión, predominantemente en forma de U, no solo no aumenta sino que decrece ligeramente. Hay un crecimiento irregular del hueso en su interior. El arco central está todavía presente en la mayoría de los casos, pero ahora está acompañado de proyecciones apuntadas que suelen aparecer en los bordes superior e inferior. Las paredes están muy adelgazadas. El hueso es fino, frágil, con un deterioro más considerable en el interior de la fosa.
- Fase 8 (70 años o más): El suelo, en forma de U, es relativamente poco profundo; está ampliamente deteriorado o completamente erosionado. El arco central se reconoce vagamente. La extremada fragilidad de las paredes hace que los bordes sean muy irregulares, con formas afiladas y grandes proyecciones de hueso en los bordes superior e inferior. Formación de coqueadas. El hueso en sí es muy frágil.

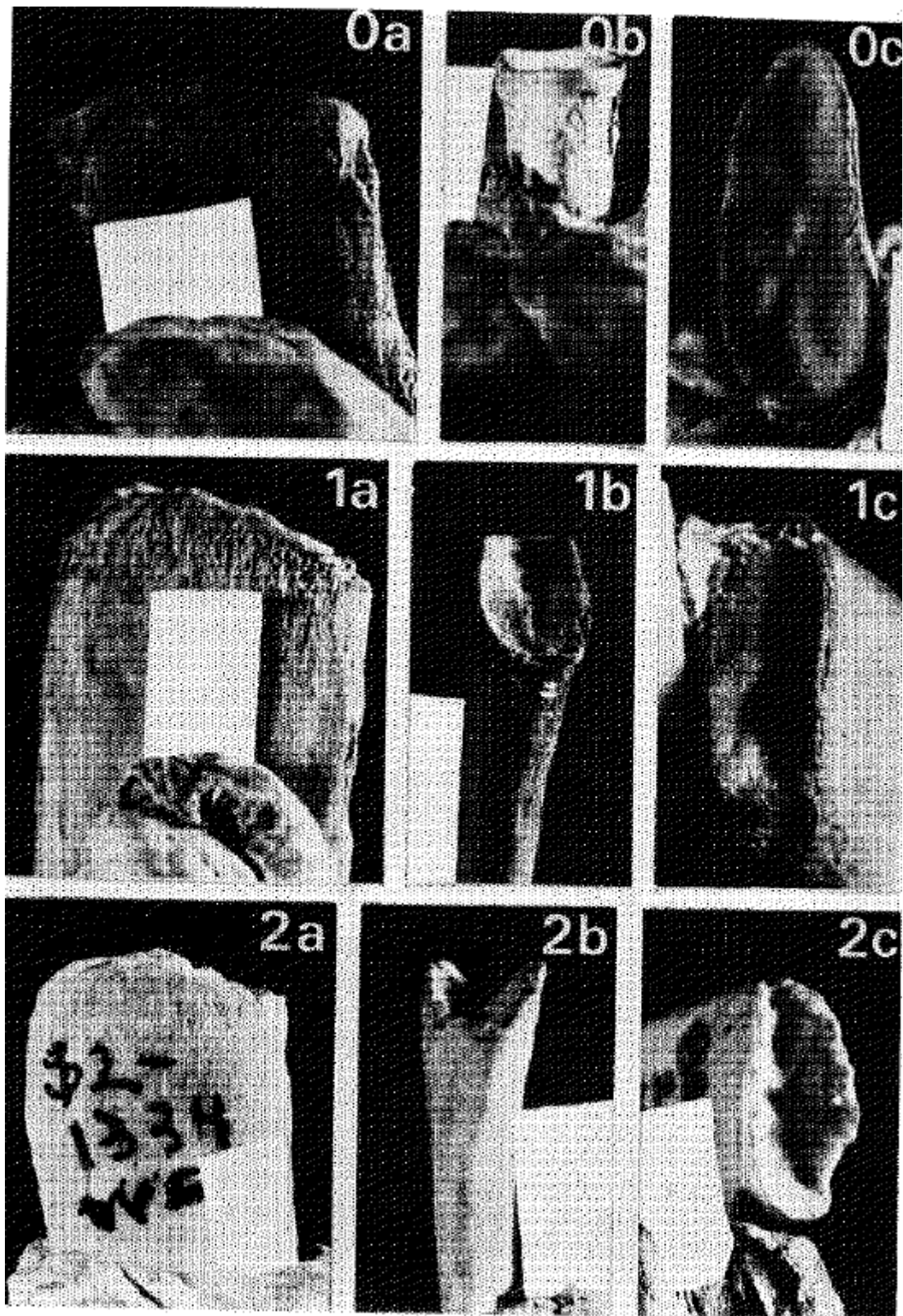


Figura 21. Reproducción del sistema de estadios propuesto por Iscan, Loth y Wright para mujeres en 1985. Fases 0 a 2.

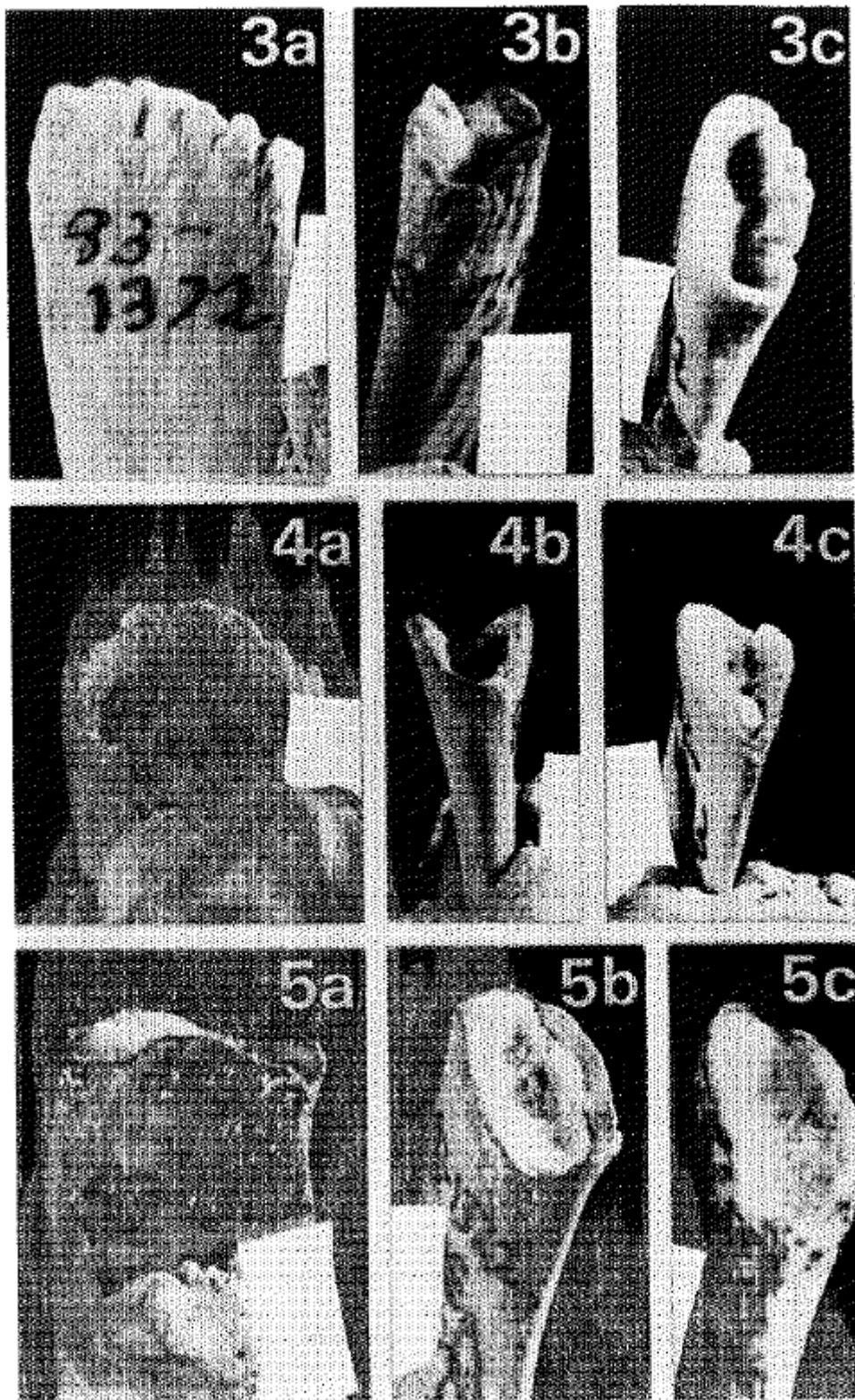


Figura 22. Reproducción del sistema de estadios propuesto por Iscan, Loth y Wright para mujeres en 1985. Fases 3 a 5.

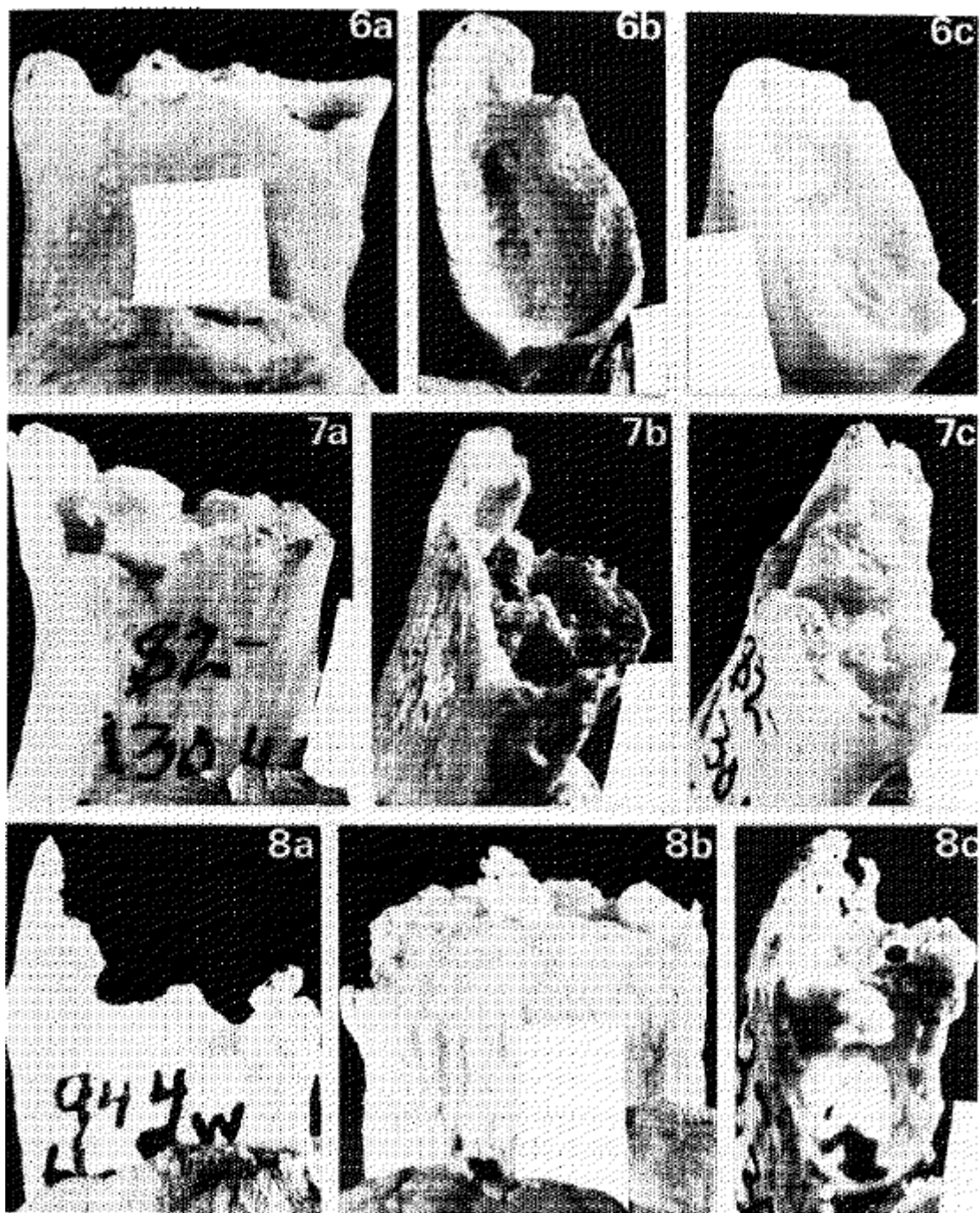


Figura 23. Reproducción del sistema de estadios propuesto por Iscan, Loth y Wright para mujeres en 1985. Fases 6 a 8.

Algunos estudios posteriores han puesto a prueba la validez del método en otras poblaciones. Así, en 1989, Reig realiza su tesis doctoral en la Universidad de Barcelona sobre 117 cadáveres de hombres y 82 de mujeres, hasta recoger un total de 640 costillas, incluidas las costillas derechas. El estudio del autor indica que en su población:

- Las edades medias para cada grupo de edad por fases no presentan diferencias significativas con los datos de Iscan et al, salvo en el caso de la fase 4 masculina.

- No existen diferencias significativas en el mismo sujeto entre la fase de maduración de todas las costillas estudiadas, salvo entre la 4ª y 6ª costillas derechas de la muestra femenina.

En 1993, Russell et al comprobaron la validez del método mediante su aplicación por parte de dos observadores en un muestra de 23 cuartas costillas derechas de varones provenientes de la colección Hamann – Todd. Sus resultados confirmaron la reproducibilidad del método y su precisión, pero, a diferencia de lo apuntado por Iscan, no apreciaron diferencias significativas al aplicarla en varones de raza blanca y negra. Más bien apreciaron una discreta tendencia al retraso frente a los estándares de edad propuestos para las fases en los sujetos de raza negra, de forma inversa a lo propuesto por Iscan (Russel et al. 1993).

Dudar et al en 1993 también comprobaron la validez del método en cuartas costillas extraídas de cadáveres. Su estudio les permitió valorar 50 costillas, 31 de varones y 19 de mujeres. Tomando como referencia las fases de Iscan, compararon los resultados con un diagnóstico de edad basado en examen histológico. El resultado del estudio indicó que, en conjunto, no existieron diferencias significativas entre ambos métodos para el diagnóstico de la edad. Sin embargo, observaron como en cada sujeto individual la correlación entre los resultados obtenidos con cada método era baja (Dudar et al. 1993).

En 1998, en Turquía, Yavuz et al analizaron la validez del método en una muestra de cuartas costillas procedentes de autopsias. Para ello obtuvieron 294 cuartas costillas de 150 cadáveres varones y 144 mujeres de edades entre 8 y 88 años. Pese a que en estudios previos se había podido comprobar que la población turca tenía diferencias significativas en cuanto a su adaptación a los estándares de maduración de la población norteamericana, el método de fases de Iscan se adaptó correctamente a la población turca contemporánea (Yavuz et al. 1998; Cologlu AS et al. 1998).

En 2003, un nuevo estudio en población turca permitió estimar sobre una muestra de cuartas costillas de 78 mujeres y 173 varones obtenidas en autopsias que, conocida la edad del sujeto, el método permite identificar correctamente el sexo en población turca (Kocak et al. 2003).

En 2000, se presentó el primer estudio sobre la aplicación del método de Iscan en población negra africana (Oettlé et al. 2000). En 1999 Wiredu et al habían presentado otro estudio en población de raza negra de Ghana para comprobar la validez del método morfométrico basado en medidas de grosor y altura de la carilla esternal de la cuarta costilla propuesto por Iscan en 1985 para el diagnóstico del sexo (Iscan. 1985; Wiredu et al, 1999). En el estudio de Oettlé et al de 2000 se estudiaron 256 costillas de varones entre 4 y 94 años y 74 de mujeres entre 11 y 77 años de raza negra y originarios de Sudáfrica. Las conclusiones del estudio indicaron que la población estudiada presentaba algunas características propias que hacían recomendable

ajustar los estándares de cada fase para esta población. En términos generales, se observaba un retraso en la evolución de los cambios frente a la población blanca y la inapariencia de algunos de los rasgos descritos por Iscan y otros autores en esta misma población racial (Oettlé et al. 2000).

Una de las principales dificultades del método de Iscan para que pueda ser aplicado a estudios osteológicos basados en restos óseos es la dificultad para definir y localizar la cuarta costilla derecha. Varios autores han propuesto diversos métodos destinados a identificar las costillas según su orden (Mann. 1993; Hoppa y Sanders. 1998; Owers y Pastor. 2005). En el sentido inverso algunos autores han probado la precisión de la aplicación del método de Iscan de la cuarta costilla derecha en otras costillas.

Así, Dudar en 1993 analizó en una muestra osteológica de 13 hombres y 12 mujeres la evolución de la extremidad esternal de las costillas del lado derecho. Su estudio indicó que las variaciones morfológicas entre las costillas puede ser del 30 a 50 %, aunque es probable que se hallen en la misma fase en un 86,7 % de casos. Por ello, el uso de los estándares de Iscan en las costillas distintas de la cuarta podría aplicarse, pero con mucha precaución, según el autor (Dudar. 1993).

Loth, Iscan y Scheuerman en 1994 publicaron otro estudio sobre 135 sujetos en los que analizaron la evolución de los extremos esternales de las costillas 3ª, 4ª y 5ª derechas. En su estudio comprobaron que es habitual que las costillas adyacentes presenten la misma fase de maduración que la cuarta costilla derecha y, por tanto, llegaron a la conclusión de que podrían ser extrapolables los resultados obtenidos en estas costillas a los de la cuarta costilla con cierta aproximación (98 % en la muestra que estudiaron Loth, Iscan y Scheuerman) (Loth et al. 1994)

Otro estudio de Yoder, Ubelaker y Powell en 2001 puso de manifiesto que en la serie que estudiaron (244 grupos de costillas II a IX obtenidas de restos óseos), las costillas derechas no variaban significativamente su maduración según el estándar de fases de Iscan en relación con las izquierdas y que entre las costillas del mismo lado sólo la costilla II derecha variaba significativamente frente a la maduración de la IV derecha. No obstante, pese a que la variación no fue muy acusada, se pudo apreciar que usar la IV costilla derecha u otra de entre las III y V a IX podría dar lugar con cierta frecuencia a disparidades en una fase mayor o menor y, por ello, su uso con fines de diagnóstico de edad debía ser tomado con precaución (Yoder et al. 2001).

Volviendo a los estudios radiográficos aplicados a la evolución de los cartílagos costales con la edad, en 1989, Barrés, Durigon y Paraire presentaron un estudio sobre radiografías de petos esternocostales obtenidos en autopsias mediante una sistemática similar a la propuesta anteriormente por McCormick y Stewart (Barrés et al. 1989).

La muestra de población fueron cadáveres de 51 sujetos, 41 hombres y 10 mujeres, entre 18 y 74 años de edad. En cada radiografía se analizaron los siguientes parámetros según una gradación en cinco estadios para cada uno:

- Densidad ósea
- Fusión de las piezas del esternón
- Cambios en la unión costo-condral
- Osificación del cartílago
- Cambios en la unión esterno-condral de las costillas.

El estudio fue realizado por tres observadores en dos tiempos separados por tres meses. En el segundo control se utilizó una plantilla radiográfica que reproducía los estadios indicados (figura 24).

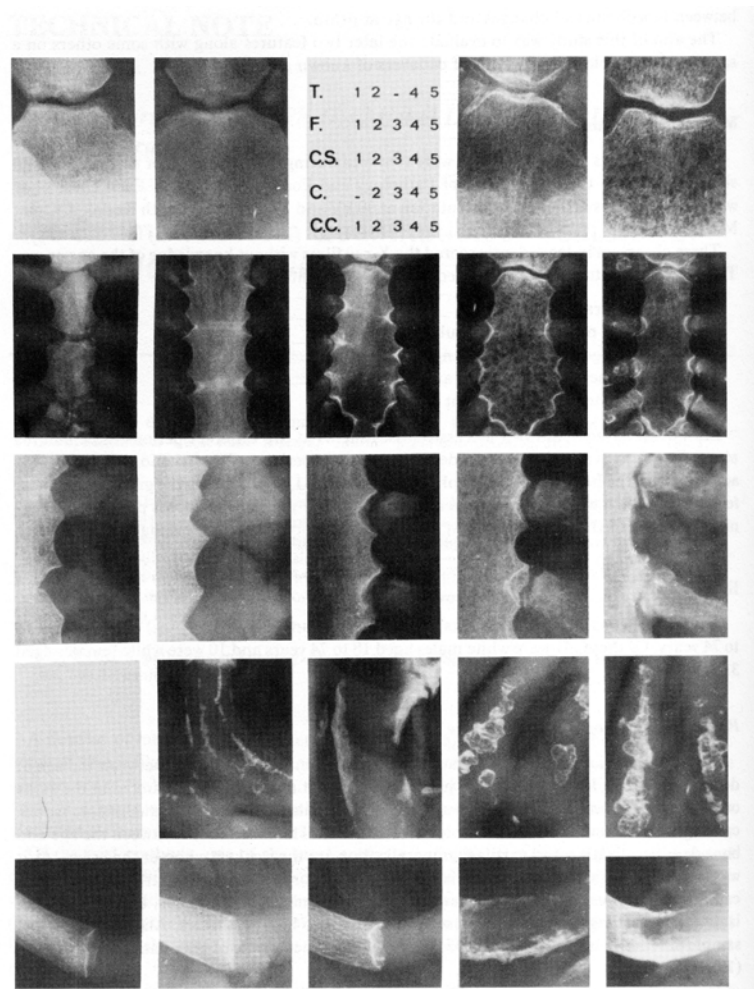


Figura 24. Plantilla radiográfica de estadios de la serie de Barrés et al (1989)

La correlación entre los tres observadores en la serie fue correcta y se pudo comprobar que todos los parámetros estudiados se correlacionaban con la edad. Los tres parámetros que mejor se correlacionaron con la edad fueron:

- Cambios en la unión costo-condral
- Cambios en la unión esterno-condral
- Fusión de elementos esternales (esternebras)

En 1996, Barchilon et al retomaron el estudio de la osificación del cartílago costal de la primera costilla con la edad (Barchilon et al. 1996). La orientación del estudio fue similar a la de trabajos anteriores, aunque su modo de selección de la muestra fue distinto. En vez de tratarse, como en la mayoría de series previas de una muestra de población transversal, en la que todas las placas correspondían a sujetos de distinta edad tomadas en una sola ocasión para cada sujeto, la serie de Barchilon utilizó una muestra longitudinal, en la que las placas fueron repetidas a los mismos sujetos a lo largo del tiempo. Este tipo de muestreo, en teoría, permite tener una aproximación más correcta al proceso de osificación con la edad en el caso de que este se trate de un auténtico proceso progresivo y continuo.

La muestra de Barchilon et al estuvo conformada por 78 radiografías de tórax PA tomadas a 13 sujetos sanos (soldados americanos) a lo largo de un periodo de 15 años con un tiempo promedio entre radiografías de 2,9 años. El estudio se completó con el examen morfológico de 240 piezas óseas de manubrios esternales y primeras costillas procedentes de la colección Hamann – Todd (Museo de Historia Natural de Cleveland, EEUU).

Las radiografías, en cuanto a la progresión de la calcificación de la primera costilla con la edad fueron estudiadas mediante un sistema derivado del ya propuesto por Michelson (Michelson. 1934):

- Estadio 0: sin datos de osificación
- Estadio 1: mínima osificación en el extremo costal del cartílago
- Estadio 2: osificación media. Se aprecia en la radiografía datos de osificación en el cartílago que casi alcanzan al esternón bien por su borde superior o inferior.
- Estadio 3: osificación completa, con densidad ósea continua entre el extremo costal y el esternal del cartílago costal.

En la serie osteológica, estos estadios se relacionaron con cuatro estadios morfológicos:

- Estadio Limpio: sin datos de osificación en el cartílago o en los extremos costal y esternal
- Estadio de Osteofitos: se aprecian osteofitos en el extremo costal del cartílago

- Estadio de Osificación del cartílago: se aprecian en el interior del cartílago restos de masa calcificadas.
- Estadio Osificados: existe osificación completa del cartílago costal.

En el estadio 1, Barchilon et al identificaron tres tipos de procesos de osificación del cartílago de la primera costilla y dentro de ellos algunas variantes. Estos se reproducen en la figura 25. En la figura 26 se incluye su correlato en la serie osteológica.

En el estadio 2, las imágenes de osificación inicial previas pueden engrosarse, pueden aparecer otras líneas de osificación distintas y pueden unirse entre sí las islas de osificación previas.

En el estadio 3, se forman articulaciones entre las piezas óseas que se han calcificado. En la figura 27 se incluyen los cuatro grandes tipos de articulaciones formadas entre el extremo costal, el cartílago osificado y el manubrio esternal.

La progresión observada longitudinalmente en cada sujeto fue muy variable, de modo que el proceso completo de fusión no seguía una norma de progresión específica ni una secuencia simétrica en ambas costillas. En la figura 28 se incluye un ejemplo de progresión en ambas primeras costillas de uno de los sujetos de estudio.

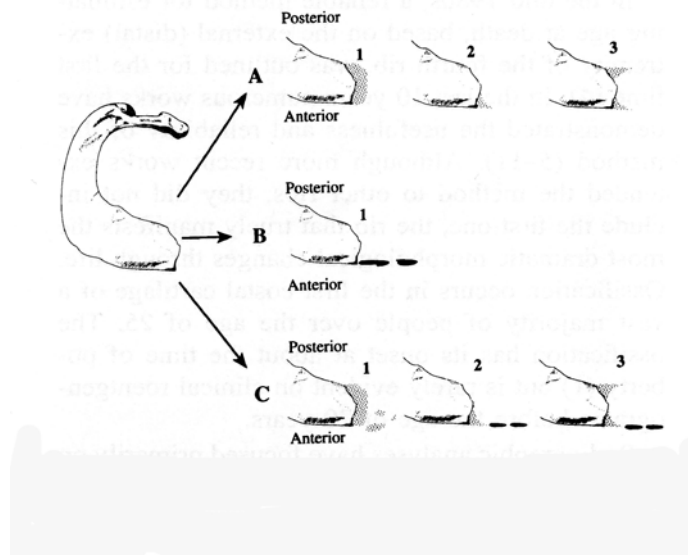


Figura 25. Formas de osificación del cartílago costal de la primera costilla en el Estadio 1 (Barchilon et al 1996).



Figura 26. Correlato anatómico de la osificación del borde costal del cartílago de la primera costilla durante las fases iniciales de la osificación (Barchilon et al. 1996).

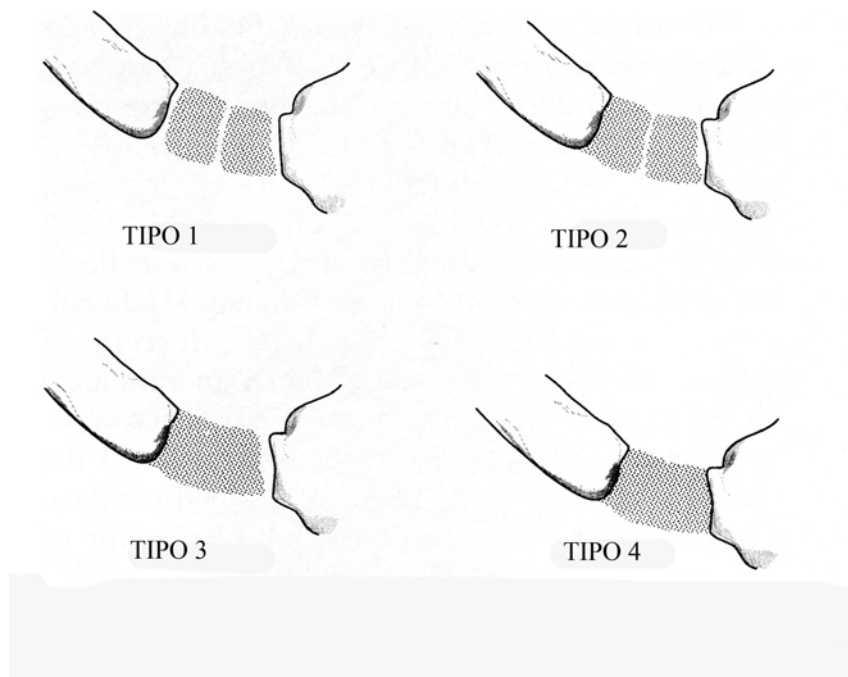


Figura 27. Formas de articulación entre las piezas osificadas del cartílago de la primera costilla y los extremos costal y esternal. (Barchilon et al. 1996)

En la serie radiológica se pudo observar también la aparición de osteofitos en la región del extremo costal del cartílago que daban lugar a crecimientos de grosor de la costilla. Este fenómeno se observó en ambos lados y con una media de edad de 33,7 +/- 6,5 años. En la serie osteológica, este hallazgo se relacionó con un cambio observado en la morfología de las costillas en relación con la progresión de la osificación. Así, se observó que, a diferencia de las demás costillas, que mantenían su extremo costal con una superficie oval aplanada, la primera

costilla cambiaba el contorno de su extremo costal de una forma oval aplanada en las primeras fases de osificación a una forma cilíndrica en las fases más avanzadas de la osificación. Este cambio morfológico se relacionó con la aposición de tejido óseo alrededor de la costilla con el crecimiento de la osificación. La diferencia entre ambos aspectos en las primeras y últimas fases de la osificación se reproduce en la figura 29.

La conclusión final del estudio de Barchilon et al fue la de que, tal y como apuntaba McCormick, la osificación del cartílago costal de la primera costilla sigue una progresión con la edad evidente tanto en estudios radiológicos como osteológicos, pero su validez como instrumento de diagnóstico de edad en el campo de la Antropología Física es limitado.

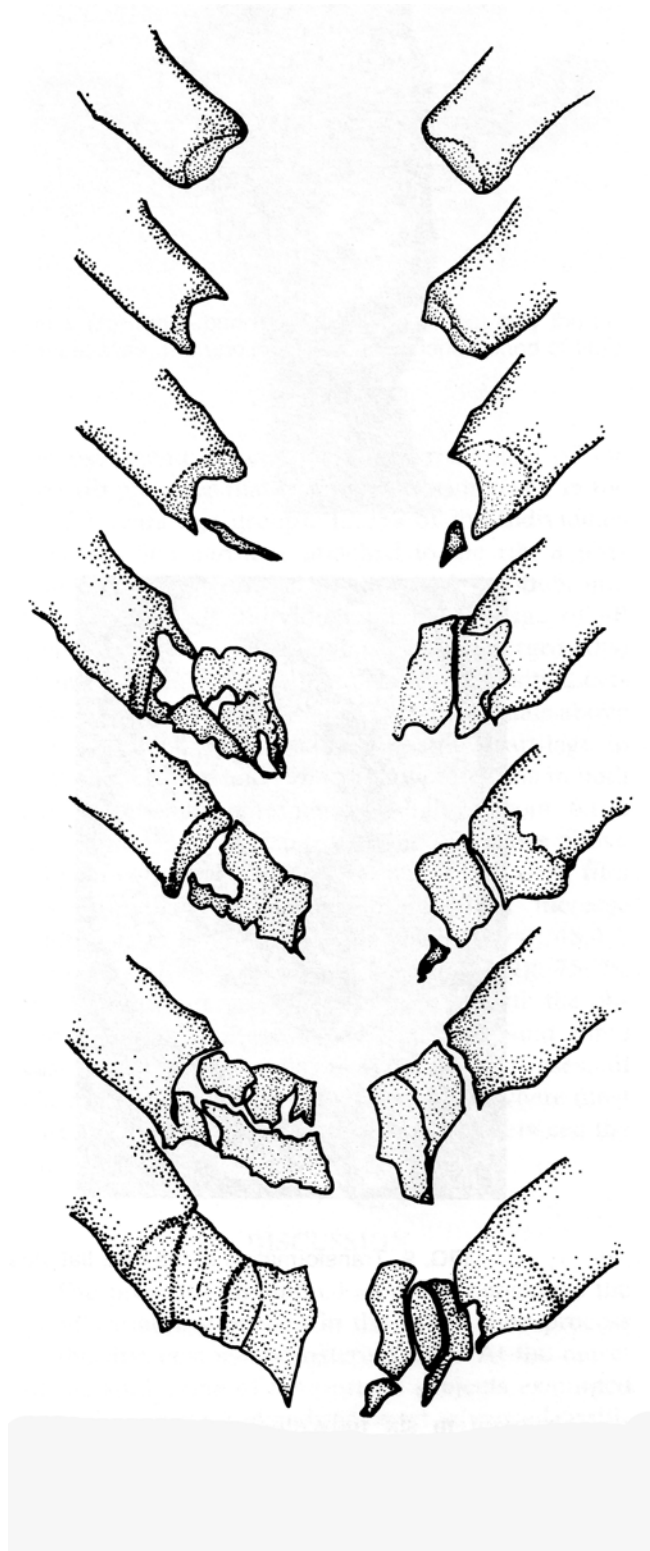


Figura 28. Ejemplo de progresión de la osificación en ambas primeras costillas en uno de los sujetos del estudio sobre radiografías de tórax PA de Barchilon et al (1996)

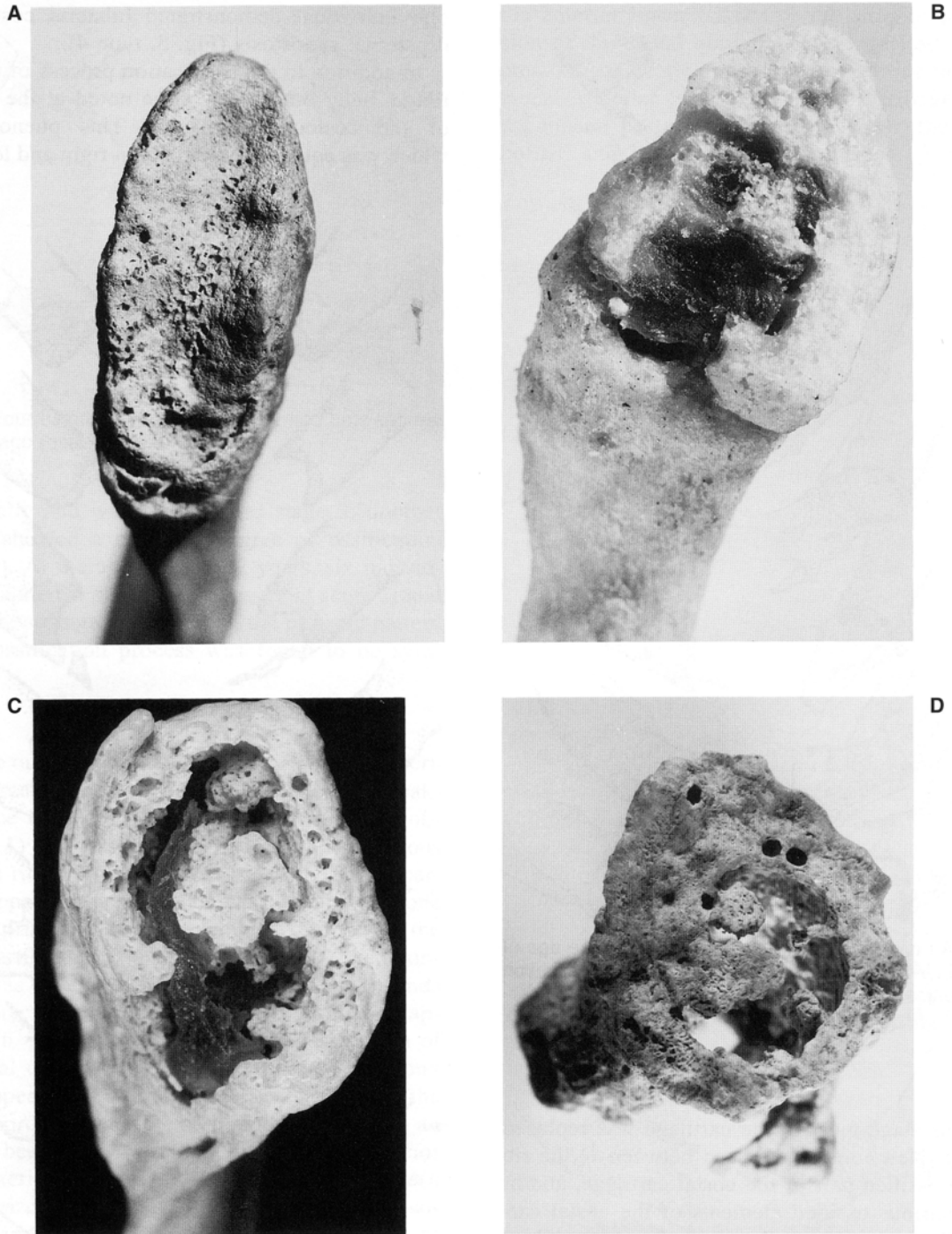


Figura 29. Ejemplo del aspecto del extremo costal de la primera costilla en las primeras y últimas fases de la osificación del cartílago costal (Barchilon et al. 1996).

En 1999, Kunos et al presentaron un estudio osteológico sobre la metamorfosis de la primera costilla con la edad y su posible utilidad como parámetro de diagnóstico antropológico de edad (Kunos et al. 1999).

Para elaborar su método, Kunos et al utilizaron restos óseos de la colección Hamann – Todd, también utilizados por Barchilon et al en 1996. De estos restos seleccionaron 74 sujetos sanos de edad y sexo conocidos para definir el método. La edad oscilaba entre 1 y 75 años, con una media de 37,7 años.

Después, para comprobar la validez de afirmaciones previas de que las epífisis de la cabeza y del tubérculo se osifican antes de los 25 años, se analizó una serie de 305 preadultos de 1 a 27 años. En la serie analizada, el 100 % de la muestra presentaba signos de fusión completa a los 20 años para la epífisis del tubérculo y a los 27 años para la cabeza costal. Había ausencia de fusión en el 100 % de casos hasta los 13 años para la cabeza y el tubérculo y se apreciaban signos de fusión parcial entre ambas edades.

Finalmente, para confirmar si las medidas de longitud y grosor de la cara esternal de la primera costilla aumentaban con la edad, se analizó una serie de 59 sujetos entre 1 y 20 años. La tendencia al crecimiento de ambos parámetros con la edad pudo ser comprobada en esta subserie.

El método, una vez definido, se probó en una muestra de 182 adultos y preadultos entre 1 y 80 años (edad media de 36,5 años). Además, en otra muestra de 100 restos cadavéricos se comprobó su validez relativa como método de diagnóstico de edad frente a otros métodos osteológicos establecidos, como los de la sínfisis púbica, superficie auricular, atrición dental, sinostosis de suturas craneales o involución trabecular en el fémur.

El método consistía en identificar varios cambios en las costillas preadultas y adultas:

- Costillas pre-adultas:
 - o Fusión de las epífisis de tubérculo y cabeza costales

La ausencia de fusión indica una edad de 13 años o menor; la presencia de fusión completa una edad de 20 años o mayor para el tubérculo y de 27 años o mayor para la cabeza. La fusión parcial sugiere una edad intermedia entre ambos márgenes.

- Medidas de anchura y altura de la cara esternal de la costilla

Fórmula para la edad basada en el grosor de la carilla costal esternal:

$$\text{Edad estimada} = - 11,75 + 4,50 \times \text{Grosor (mm)}$$

Fórmula para la edad basada en la altura de la carilla costal esternal:

$$\text{Edad estimada} = - 16,35 + 0,46 \times \text{Altura (mm)}$$

- Cambios morfológicos:

Estos afectan a tres parámetros: forma geométrica, topografía de superficie general y forma general de su margen. Estos se analizan en las tres regiones de la costilla: cabeza, tubérculo y cara esternal de la costilla. Los cambios en cada zona se correlacionan con una progresión de los hallazgos con la edad resumidos en la tabla 19 y se presentan en la figura 30.

Edad		Extremidad ventral costal	
Cronológica	Forma geométrica	Topografía general de superficie	Formas general marginal
1	Ovoide antero-posterior	^A Inmaduro, hueso suave homogéneo	^b Redondeado, indefinido
2			
3			
4	Elíptico, con superficie central proyectada medialmente y formando un arco	Crestas y depresiones levemente Onduladas	^c Depósito óseo supero-inferior en torno al margen que da un forma bordeada
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11		Hueso inmaduro arrugado e hinchado	
12	^d Cara antero-posterior inclinada		Márgenes nudosos con definición creciente
13			
14			
15			
16		Crestas salteadas por cavidades	
17	^e Surco supero-inferior que separa la cara en 2/3 anteriores y 1/3 posterior	Ovoides	^f Márgenes elevados y definidos
18			
19			
20			
Edad		Región de cabeza costal	
Cronológica	Forma geométrica	Topografía general de superficie	Formas general marginal
1	Forma en lágrima	^g Cara inmadura subcondral	Distinguido, con borde redondeado y superficie inferior rugosa
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8	Progresivamente discoideo		
9			
10			
11			
12	Circular		
13			
14		^h Fusión de la epífisis	Bordes agudos
15			
16			
17			ⁱ Bordes redondeados y desgastados
18			
19			
20			
Edad		Región del tubérculo epifisario	
Cronológica	Forma geométrica	Topografía general de superficie	Formas general marginal
1	Elipsoide	^j Inmaduro, perfil en media luna en vista superior	Redondeado
2			
3			
4			
5			
6	Elipsoide con superficie articular definida		
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14	^k Perfil robusto que protuye en el eje costal		Definido con bordes agudos
15			
16		^l Fusión de epífisis	
17			
18			
19		Suave superficie articular	
20	Contorno lenticular		^m Bordes redondeados

Tabla 19. Parámetros de cambios morfológicos en la primera costilla con la edad en sujetos preadultos (Kunos et al. 1999).

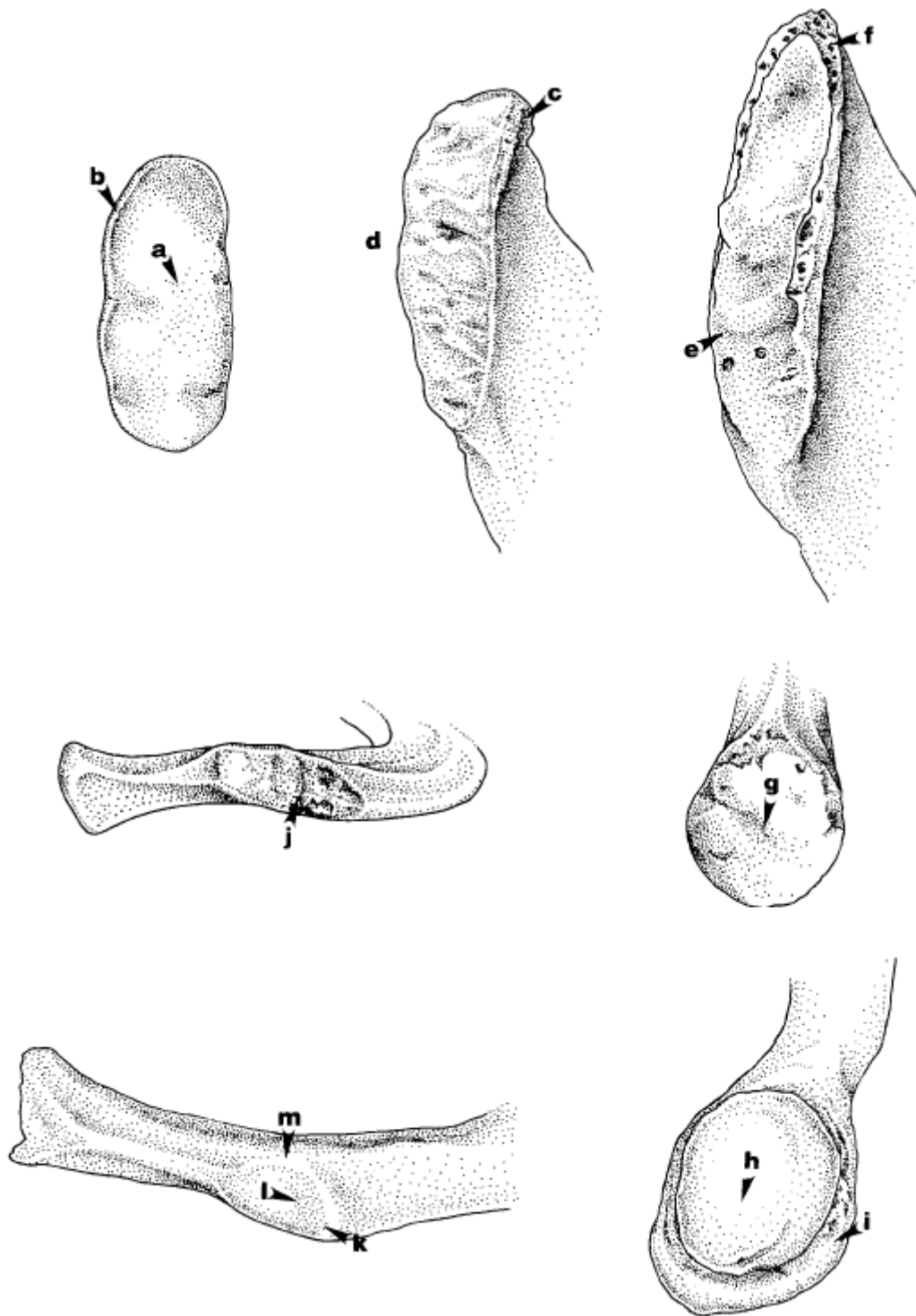


Figura 30. Cambios morfológicos con la edad en la primera costilla en sujetos preadultos. A nivel de carilla costal, tubérculo y cabeza costal (Kunos et al. 1999)

Edad Cronológica	Forma geométrica	Topografía de superficie	Textura de superficie	Márgenes de la cara	Márgenes periarticulares
20		Rugoso, con Crestas supero-inferiores	Textura regular sin relieves		Suave y sin relieves
21				Márgenes interior - exterior redondeados	
22					
23	Cara supero-inferior engrosada, con perfil en llamaradas	Superficie plana			
24					
25			Osificación subcondral filamentosa progresiva	Margen interior redondeado y exterior angulado	
26					
27	^a Engrosamiento de margen anterior que se proyecta medialmente	Oquedades evidentes en la superficie	^b Textura cribiforme	Perfil fino redondeado, salvo en engrosamiento anterior	
28					
29					
30					
31					
32					
33		Ondulaciones de la cortical producen macroporosidad			
34					
35		Excavación de la superficie	Pequeñas oquedades de márgenes suaves		El margen superior se proyecta y se vuelve rugoso
36	^c Depósito óseo anteroposterior crea medialmente una proyección superior			Proyección de los Márgenes	
37					
38				^d Cáscara fina se transforma en un engrosamiento y proyección del margen anterior sobre el posterior, bordes festoneados	
39					
40	^d Perfil ovoide, cartilago encapsulado en cáscara ósea que crea concavidad central				
41					
42					
43					
44					
45			Exostosis en desarrollo		Rugosidad que se extiende por los márgenes con exostosis irregulares
46					
47					
48	Perfil ovoide, cavidad en U que se expande con la concha ósea	^e Picos osteofíticos que nacen de la superficie medialmente	Oquedades con márgenes angulados, aspecto de panal de abejas		Aumento de rugosidad en la zona del lig. Costo-clavicular
49					
50					
51					
52					
53					
54	Perfil circular, borde rugoso superior de la concha				Superficie periarticular superior se proyecta más que la inferior
55					
56					
57					
58					
59					
60				^f Los márgenes se tornan rugosos, con estriaciones a lo largo del eje y proyecciones nudosas	
61	Forma irregular, con concha ósea más pronunciada para el núcleo cartilaginosa	Superficie rugosa e Irregular			Hueso muy irregular y pobremente organizado
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72			Aumento de la rugosidad		
73	^g Cavidad cortical rellena				
74					
75					
76		Irregularidades de la superficie colaboran en rellenar la cavidad cortical			
77					
78					
79					
80					

*Tabla 20. Parámetros de cambios morfológicos en la primera costilla con la edad en sujetos adultos a nivel de la carilla costal (Kunos et al. 1999)
Los rasgos con superíndice indican rasgos destacados de la morfogénesis de la primera costilla*

Edad Cronológica	Forma de la cabeza	Topografía de Superficie	Textura de superficie	Márgenes de la Cabeza costal	Márgenes periarticulares
20	Perfil circular de la cabeza	Superficie convexa	^A Superficie de la epifisis fusionada y remodelada suave	^B Redondeado	Suave
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30	Rugosidades locales	Inicio de irregularidades de la superficie	Superficie articular suave	Margen dorsal extremo se continúa con el cuello Margen anterior supero-inferior se hace angulado	
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40	^C Forma circular con perfil convexo y robustez progresiva	Formación de un surco mediolateral debido a la construcción del margen superior	Superficie articular suave continua	^D Contorno definido por irregularidades y ondulaciones	Irregularidades iniciales, especialmente en el margen anterior
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50	Ovoide, con capas concéntricas irregulares		^F Suave, con oquedades ocasionales y depresiones y localmente zonas con macroporosidad	Contorno bien definido y con ángulos agudos ^E Superficie y bordes irregulares y distendidos con surco periarticular	Márgenes inferiores aumentan su irregularidad
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60		Aplanamiento secundario de la superficie	Perfil rugoso con frecuente macroporosidad		
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70	^G Geometría irregular, con acúmulos óseos dispersos				
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80			^H Oquedades gruesas en la superficie articular		

Tabla 21. Parámetros de cambios morfológicos en la primera costilla con la edad en sujetos adultos a nivel de la cabeza costal (Kunos et al. 1999)

Edad Cronológica	Forma del cuello y del tubérculo	Topografía de Superficie	Textura de superficie	Márgenes facetarios	Márgenes periarticulares
20	A Perfil lenticular	Topografía superoinferior redondeada	Textura densa y suave	Margen medial se torna angular, elevado y definido	B Márgenes suaves y redondeados
21					
22	Apariencia hinchada en relación con la diáfisis		Hueso Cortical con depresiones y ondulaciones		Elevación debida a la inserción ligamentosa superior de la cápsula articular
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29	C Ondulaciones en cuello definidas a lo largo del ligamento costotransverso	Topografía más aplanada que en el anterior	Superficie cortical suave		
30					
31	Ondulación epifisaria asociada con depósitos óseos periarticulares		Oquedades que pueden aparecer en la faceta del tubérculo	D Margen superior se torna angulado	Rugosidad progresiva
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41	F Forma en lágrima con margen medial saliente			E Margen inferior redondeado y definido; otros márgenes se empiezan a recubrir	Depósitos marginales superiores que aumentan la rugosidad de la superficie
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51	G Forma de media luna que crece a lo largo del borde superior	Inicio de concavidad mediolateral	Inicio de borde labiado en el margen inferior	H Inicio de irregularidad por osteofitos	Formación de osteofitos prominente
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61	Perfil irregular y circular	Se desarrollan macroporosidad, pero no exclusivamente		I Los márgenes se tornan hinchados e irregulares	
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71	J Las Oquedades aumentan en severidad, alterando la textura de la superficie			Las oquedades aumentan en el contorno	Perfil irregular
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					

Tabla 22. Parámetros de cambios morfológicos en la primera costilla con la edad en sujetos adultos a nivel del tubérculo costal (Kunos et al. 1999)

- Costillas adultas: en ellas se analizan los cambios morfológicos que progresan con la edad en las tres regiones de la costilla:
 - o Carilla costal externa: cambios resumidos en tabla 20 y reflejados en la figura 31.
 - o Cabeza de la costilla: cambios resumidos en tabla 21 y reflejados en la figura 32.
 - o Tubérculo de la costilla: cambios resumidos en tabla 22 y reflejados en la figura 32.

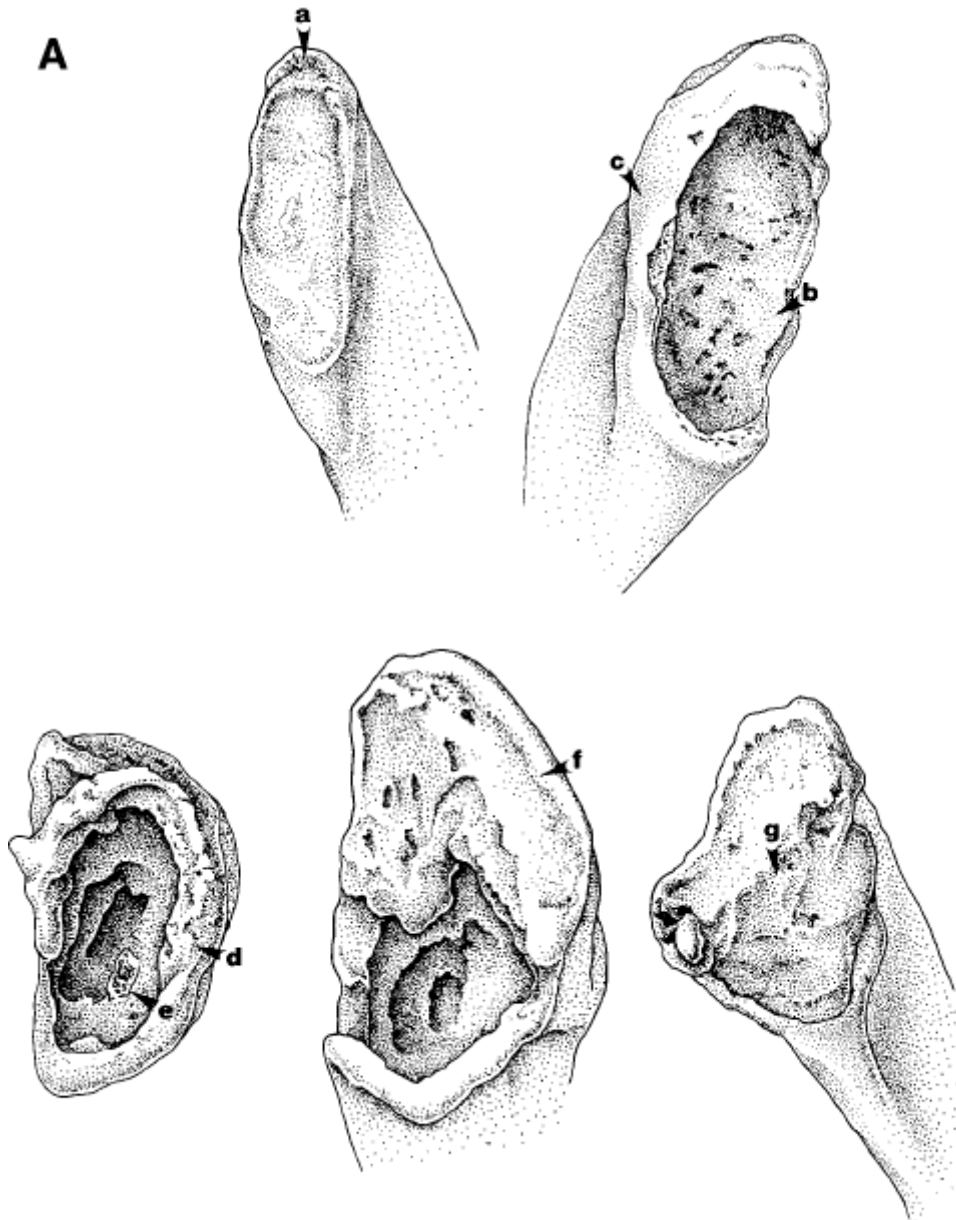


Figura 31. Cambios en la carilla costal de la primera costilla con la edad en adultos (Kunos et al. 1999)

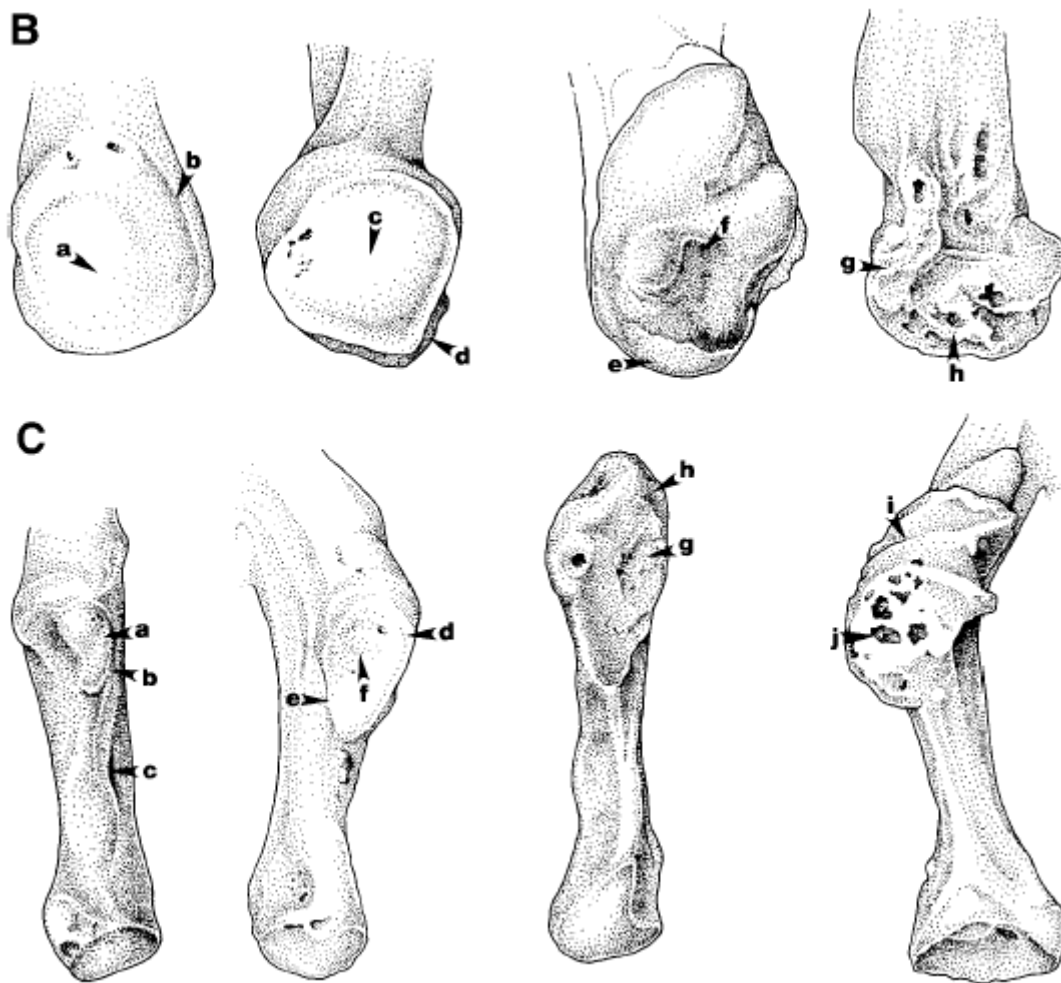


Figura 32. Cambios en las zonas de cabeza (B) y tubérculo (C) de la primera costilla con la edad en adultos (Kunos et al. 1999)

El análisis de concordancia entre observadores (182 sujetos, 3 observadores, 3 meses de tiempo entre estudios repetidos), indicó que el método tenía buena concordancia intraobservador e interobservadores. El método tenía al aplicarlo tendencia a sobrestimar la edad en sujetos menores de 60 años y tendía a infraestimarla en mayores de 60 años.

Al comparar el método con otros previos se valoró el promedio de resultados estimados mediante los métodos analizados (sínfisis púbica, superficie auricular del ilion, sinostosis de suturas craneales, atrición dental e involución trabecular del fémur). Los estudios de los otros métodos habían sido realizados por Meindl RS y Lovejoy CO. La diferencia entre el método de la primera costilla y la media de los restantes fue de 0,4 años de promedio. La media de otros métodos tenía una imprecisión (valoración errónea al analizar por separado sexos y razas) al compararlo con la edad real de 4,6 años con tendencia a la sobrestimación promedio de 1,1 años; el método de Kunos et al, tenía una imprecisión de 4,8 años y una tendencia a la sobrestimación de 1,5 años. Cuando se establecía un promedio de estimaciones con los

métodos analizados y el método de Kunos, la estimación tenía una imprecisión de 4,3 años y una tendencia a la sobrestimación de la edad de 1,2 años.

Este promisorio método de diagnóstico osteológico de la edad ha sido puesto a prueba por Schmitt y Murail sobre una muestra de población Tailandesa. Esta muestra estaba compuesta por restos óseos de 60 primeras costillas procedentes de 39 sujetos (Schmitt y Murail. 2004).

Al aplicar el método de Kunos et al, los autores encontraron dificultades para precisar la edad estimada y, en su lugar, establecieron los diagnósticos de edad para cada criterio en adultos expresando los resultados en decenios, en lugar de edades exactas. Sus resultados, al comparar edad estimada con edad real para toda la serie se recogen en la tabla 23.

	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	N
Varones						
20-29	4	0	0	1	0	5
30-39	0	1	3	1	0	5
40-49	0	3	5	7	1	16
50-59	0	0	0	4	1	5
>60	0	0	1	1	2	4
Total	4	4	11	12	4	35
Mujeres						
20-29	0	0	0	0	2	2
30-39	0	5	0	0	0	5
40-49	0	0	4	0	4	8
50-59	0	0	3	6	1	10
>60	0	0	0	0	0	0
Total	0	5	7	0	7	25

Tabla 23. Clasificación para cada grupo de edad de los resultados estimados por decenios mediante el método de Kunos et al (Schmitt y Murail. 2004)

La conclusión del estudio al comparar la edad estimada por el método con la edad real de los sujetos, fue que se consiguió una asignación correcta de edad por decenios en un 55 % de sujetos. Los sujetos mayores de 60 años eran sistemáticamente infravalorados en su edad por el método.

Las razones argüidas por Schmitt y Murail para explicar la falta de eficacia en su serie del método de Kunos et al fueron resumidas por estos como:

- Falta de precisión del método propuesto. Esta falta de precisión derivaría del hecho de que, de una parte, estudios previos ya habían indicado que a progresión con la edad del cartílago costal es demasiado errática para servir como método de diagnóstico de edad fiable. De otra parte, el método propuesto, como se ha hecho con otros métodos anteriores, parte de una muestra de población demasiado reducida y posiblemente los resultados derivados de ella no son netamente extrapolables a la población general.
- El método propuesto es realmente demasiado impreciso. De una parte, la interpretación de los cambios en las zonas analizadas es demasiado subjetiva. La concordancia descrita por Kunos et al entre observadores derivan del hecho de que todos ellos han aprendido la técnica del mismo autor original y los criterios subjetivos de éste han determinado la forma en la que sus estudiantes interpretan los hallazgos. Además, el hecho de tener que valorar 15 parámetros totales (5 en cada zona) sin determinar qué parámetros tienen un mayor peso en la interpretación global del método, limita la capacidad del método para manejar la información de los 15 parámetros de forma objetiva y reproducible.
- Es posible que los hallazgos descritos para población americana no sean plenamente extrapolables a la población tailandesa, como ya se ha demostrado con otros métodos como el de Iscan, que ha demostrado no ajustarse plenamente en todas las poblaciones.

Capítulo 5:

ESCAPULA

5.1. Recuerdo anatómico

5.2. Proceso de Osificación

5.1. Recuerdo Anatómico:

La escápula es un hueso plano triangular situado en la cara postero-lateral del tórax que cubre parcialmente las costillas II a VII. Tiene dos caras, ventral y costal, tres bordes, superior, lateral y medial, y tres ángulos, así como tres relieves óseos: espina, su continuación en el acromion y la apófisis coracoides.

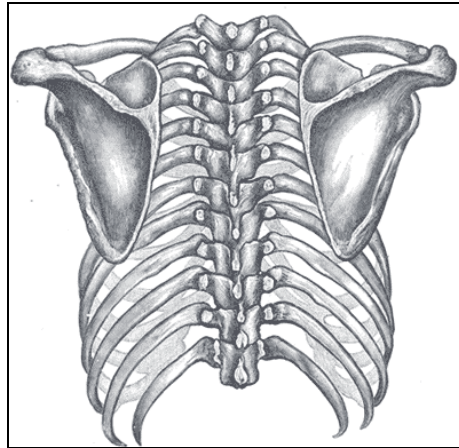


Figura 1. Escápula en el tórax. Vista dorsal
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

Su cara costal tiene una excavación amplia y de relieve suave que forma la fosa subescapular. En su borde lateral, presenta una cresta alargada y prominente de reborde suave que limita con el cuello en el ángulo lateral.

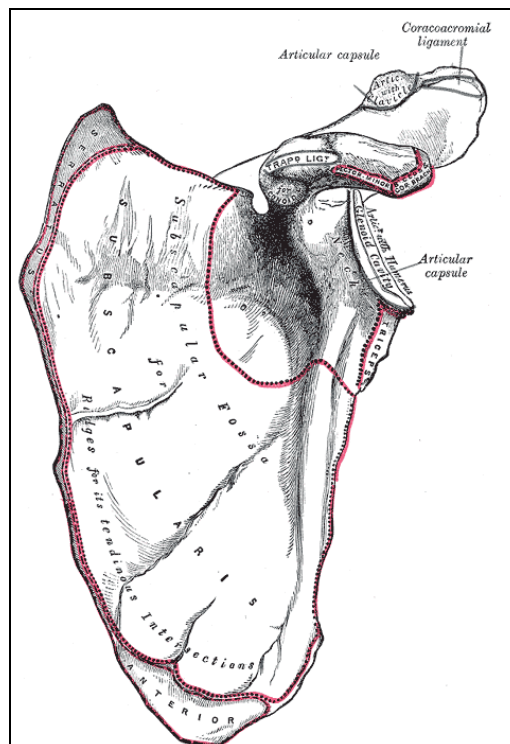


Figura 2. Escápula. Cara costal.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

Su cara dorsal presenta una superficie más rugosa, con dos zonas, superior e inferior, divididas por la espina de la escápula. En el borde libre lateral de la espina, ambas zonas se comunican en la escotadura espinoglenoidea.

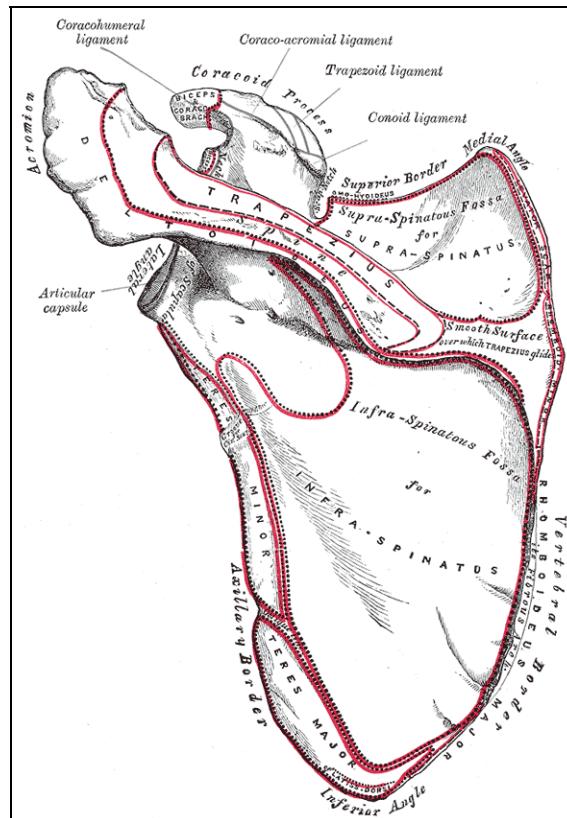


Figura 3. Escápula. Cara dorsal.
(Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

En la cara lateral, a nivel del ángulo lateral, la escápula está excavada, formando la cavidad glenoidea, que se articula con la cabeza del húmero. La cavidad glenoidea tiene un contorno piriforme más estrecho por arriba y más ancho por debajo. La zona limitante del borde del ángulo lateral con la cavidad glenoidea se halla adelgazada y se denomina cuello de la escápula.

La espina de la escápula tiene en la cara dorsal un borde superior que forma la fosa supraespinosa y otro inferior que forma la fosa infraespinosa. El borde libre de la espina se llama cresta de la espina. Tras la escotadura espinoglenoidea, la espina continúa formando el acromion. Este presenta en su cara medial un carilla articular para su articulación con la clavícula (acromio-clavicular) y ,ocasionalmente, otra carilla accesoria en su borde inferior.

La apófisis coracoides parte de la tuberosidad supraglenoidea, pequeña área rugosa situada en la parte superior de la unión de la glenoides y el cuello de la escápula. La coracoides desde su

origen en la cara costal hacia delante y levemente hacia arriba. La punta de la apófisis sirve para la inserción del ligamento coraco-clavicular.

5.2. Proceso de Osificación:

La escápula es un hueso que proviene originalmente del desarrollo de los somitas 8 al 10, que en el desarrollo dan lugar a la formación de las vértebras cervicales 5 a 7 (Streeter, 1942; O'Rahilly and Gardner, 1975; Odgen et al, 1979; Ozonoff 1979). Se ha podido demostrar esta evidencia morfológica mediante investigación genética en ratones (Aubin et al. 1998), al demostrar que la incorrecta expresión del gen Hoxa 5 da lugar a anomalías en el desarrollo de C3 a T2 y anomalías en el desarrollo del acromion. El germen escapular es visible en el día 33 a 37 (Lewis, 1901) y después migra caudalmente hacia su posición frente a la primera costilla el día 44. El día 52 su borde inferior alcanza el 5º espacio intercostal (Lewis. 1901; O'Rahilly & Gardner. 1972; Gardner, 1973).

La condricificación de la escápula se inicia en la semana 6 (Last. 1973) y la osificación se inicia entre el día 58 y la semana 8 (Anderson. 1963; O'Rahilly y Gardner. 1972). La cavitación glenoidea se desarrolla entre las semanas 7 y 10 (Uthhoff. 1990).

El núcleo primario de osificación se desarrolla en la zona del cuello hacia el final del segundo a tercer mes de desarrollo intraútero. Parece que el proceso de osificación podría ser inicialmente pericondral, para pasar luego a desarrollar un proceso de osificación endcondral clásico. El proceso de osificación se extiende desde el centro inicial en ambas direcciones, alcanzando la cavidad glenoidea y dando lugar a una escápula de morfología similar a la adulta hacia la semana 12 a 14 (Corrigan. 1960; Fazekas y Kosa. 1978; Ogden y Phillips. 1983). El proceso de extensión de la osificación podría tener parcialmente un desarrollo de osificación intramembranosa, similar al de la clavícula. Este desarrollo intramembranoso podría responder a la necesidad de un desarrollo suficiente antes del parto para proteger al paquete vasculo-nervioso de los posible traumatismos del parto.

Al nacimiento, el proceso acromial, el proceso coracoideo, el borde medial, el ángulo inferior y la superficie articular de la clavícula tienen una conformación cartilaginosa.

El centro de osificación de la coracoides se desarrolla en el primer año de vida (Andersen. 1962; Odgen y Phillips. 1983) y siempre se puede observar en el tercer año de vida. El proceso coracoideo crece independiente de la escápula y unido a esta por cartílago, para fusionarse con la escápula hacia los 14 a 15 años (Andersen. 1963). Se cree que este desarrollo independiente de ambos huesos, escápula y coracoides, indica un origen filogenético diverso de ambos.

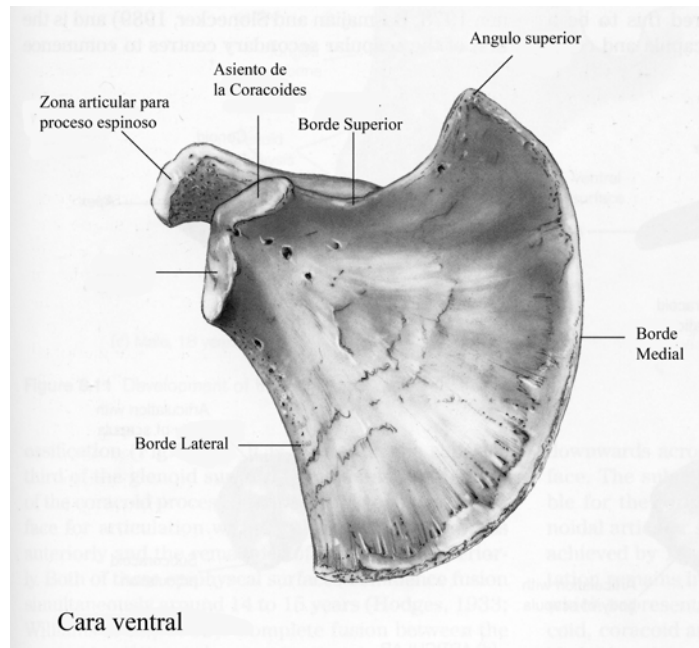


Figura 4. Escápula perinatal. Cara costal.
 (Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press 2000)

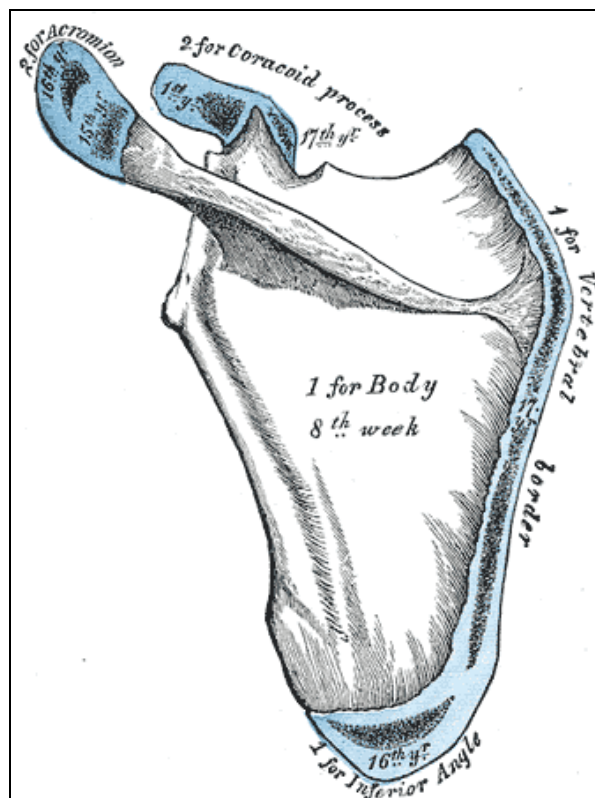


Figura 5. Núcleos secundarios de osificación según Gray.
 (Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

Los centros secundarios de osificación son al menos 7:

- 3 para el proceso de la coracoides
- 1, al menos, para el acromion
- 1 para el borde inferior de la glenoides
- 1 para el ángulo inferior
- 1 o varias pequeñas islotes óseos para el borde vertebral.

Centros de la coracoides:

- Subcoracoideo o infracoracoideo:

Aparece entre los 8 y 10 años de edad, como primer centro secundario de osificación (Frazer. 1948; Basmajain y Slonecker. 1989). Este proceso se fusiona con el cuerpo de la escápula y con la base de la coracoides, empezando el proceso hacia los 14 o 15 años terminando la fusión hacia los 16 a 17 en ambos sexos (Hodges. 1933; Williams et al. 1995).

- Epífisis del ángulo de la coracoides:

Aparece hacia los 14 o 15 años y se fusiona con la coracoides hacia los 20 años de edad (Flecker. 1932; Hodges. 1933; Birkner. 1978).

- Epífisis del ápex de la coracoides:

Se desarrolla como una lámina ósea en la punta de la coracoides de forma similar a la epífisis medial de la clavícula. Aparece hacia los 13 a 16 años y termina su fusión a los 20 años (Flecker 1942; Birkner 1978).

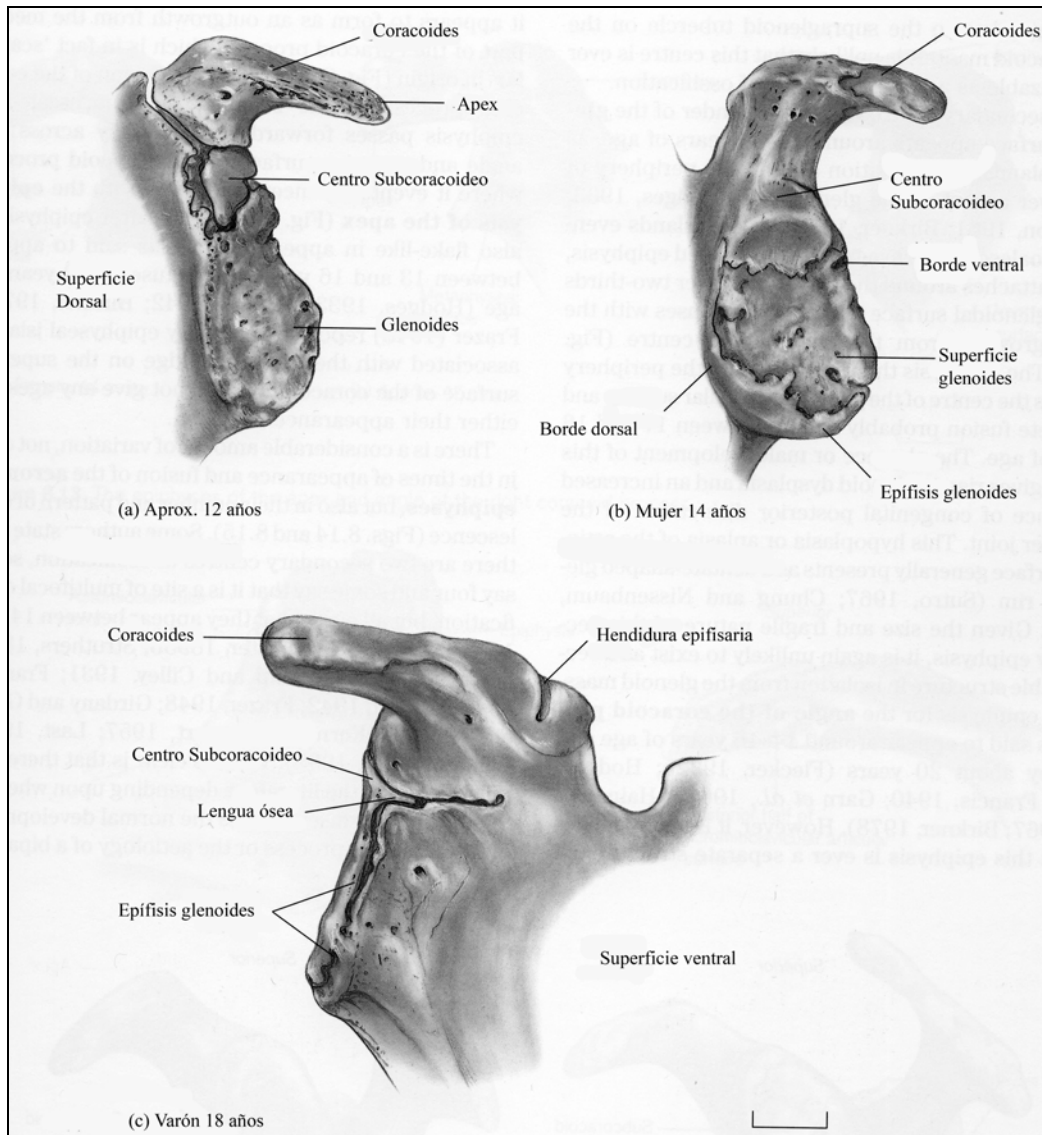


Figura 6. Núcleos secundarios de osificación de la apófisis coracoides: centro subcoracoideo. (Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press 2000)

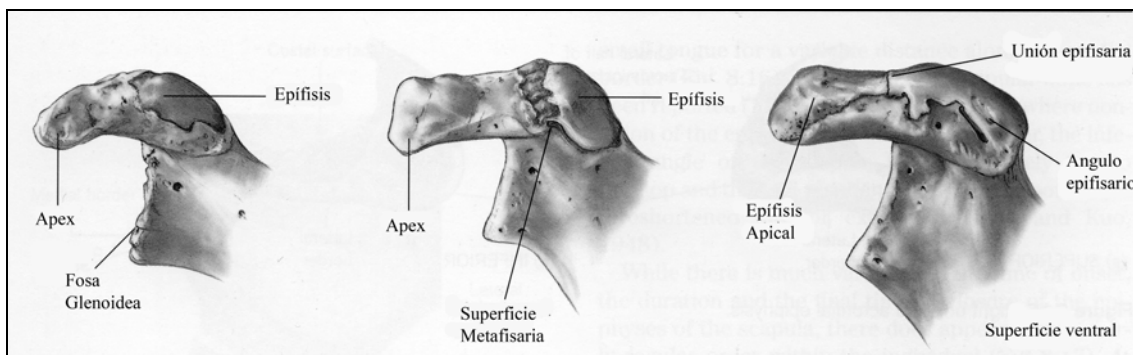


Figura 7. Núcleos secundarios de osificación de la apófisis coracoides: centros del ángulo y del ápex. (Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press 2000)

Centro de la glenoides: aparece como unos islotes óseos en el borde inferior de la glenoides hacia los 14 a 15 años (Birkner. 1978; Hodges. 1933). Estos islotes confluyen entre sí formando una lámina ósea que se fusiona entre sí y termina su fusión con el resto de la glenoides hacia los 20 años de edad.

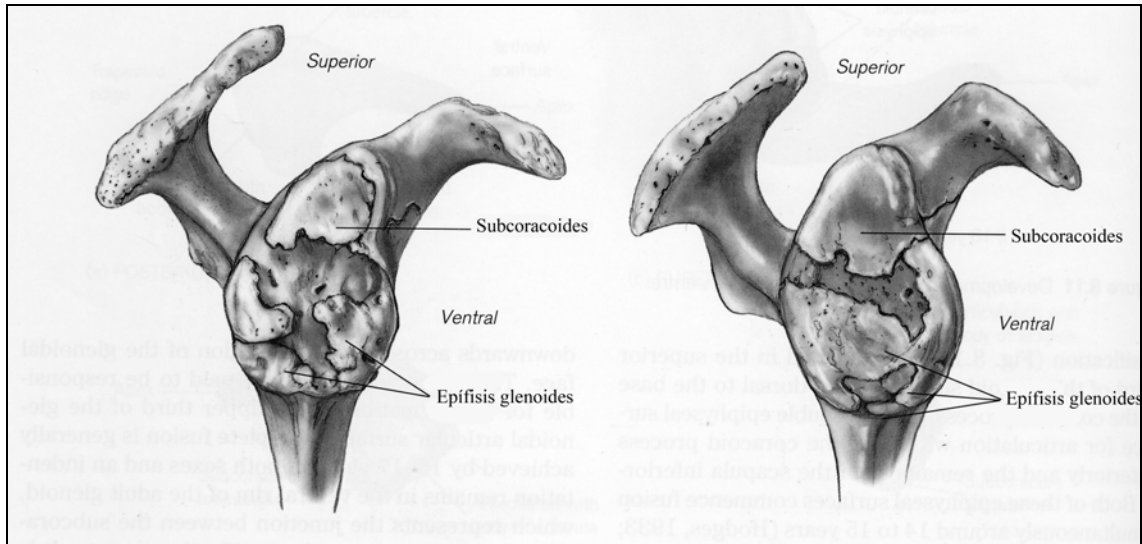


Figura 8. Núcleos secundarios de osificación de la glenoides (Scheuer L, Black S. Developmental Juvenile Osteology. Academic Press 2000)

Centro o centros de la apófisis acromial: se desarrolla como un conjunto de 1 a 4 núcleos de osificación que son reconocibles hacia los 14 a 16 años (Mc Kern Stewart. 1957; Last 1973; Williams et al 1995; Flecker 1942). La fusión de éstos núcleos entre sí y con la raíz del acromion se termina hacia los 18 a 20 años de edad (Garn et al 1967; Ogden Phillips 1983). En ocasiones, esta fusión es incompleta pudiendo dar lugar al os acromiale en el ápex acromial.

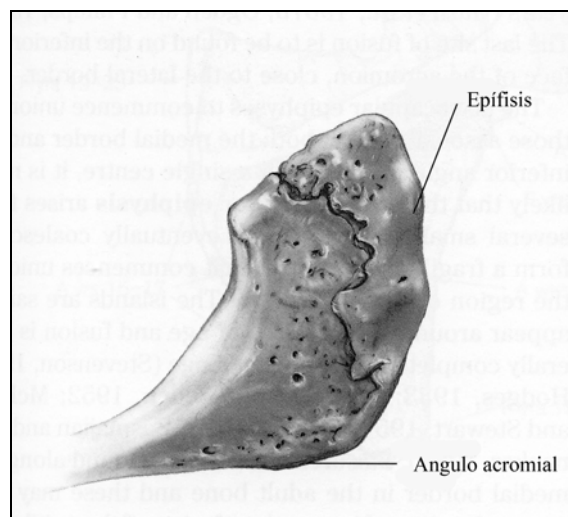


Figura 9. Núcleos secundarios de osificación del acromion: variante de osificación en centro único (Scheuer L, Black S. Developmental Juvenile Osteology. Academic Press 2000)

Centro/s del borde medial de la escápula: aparecen como una o varias islas óseas entre los 15 a 17 años y se fusionan con el cuerpo de la escápula hacia los 23 años (Stevenson 1924; Hodges 1933; MacKern Stewart 1957; Birkner 1978; Basmajain y Slonecker 1989). Su presencia puede ser confundida con fisuras del cuerpo de la escápula en casos de unión parcial persistente.

Centro del ángulo inferior: aparece hacia los 15 a 17 años de edad y se fusiona hacia los 23 años (Stevenson 1924; Flecker 1932; Hodges 1933; MacKern Stewart 1957; Birkner 1978; Basmajain y Slonecker 1989). Se han descrito casos de huesos supernumerarios en el borde infraescapular que podrían corresponder con centros no fusionados (Mc Clure y Raney. 1974).

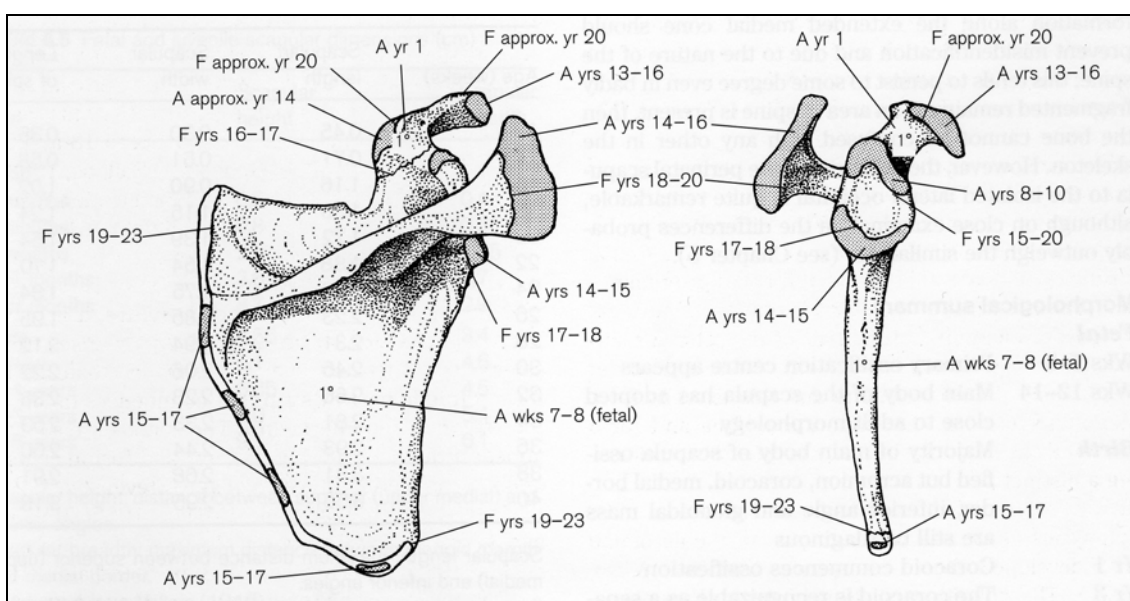


Figura 10. Cronología de fusión de los núcleos de osificación secundarios de la escápula (Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press 2000)

Recientemente, en 2002, Veschi y Facchini publicaron un estudio sobre población de Cerdeña en la que analizaron desde un punto de vista osteológico 137 esqueletos completos entre 0 y 8 años de edad, excluyendo sujetos con patologías como anemia o raquitismo, la serie se redujo a 121 esqueletos de 0 a 8 años; de ellos, 64 varones y 57 mujeres. De la misma manera, estudiaron 132 sujetos entre 14 y 25 años (62 varones y 70 mujeres). Ambas muestras provenían del Museo de Antropología de la Universidad de Bolonia (Italia); la de adolescentes provino de una población de Cerdeña (Veschi y Facchini, 2002).

Para valorar el grado de fusión entre epífisis y diáfisis en los huesos estudiados, utilizaron el sistema de tres estadios:

- 1- Ausencia de fusión
- 2- Fusión parcial
- 3- Fusión completa

En relación con la escápula, estudiaron el proceso de fusión del proceso coracoideo y del acromion. La fusión completa se observó en el acromion entre los 14 y 23 años (100 % de la muestra) y en la coracoides entre los 15 y 21 años (100% de la muestra). Los resultados de su serie se incluyen en la tabla 1.

ACROMION

	VARONES			MUJERES				
	N	1	2	3	N	1	2	3
16-17	5	3	0	3	12	3	4	5
17-18	4	4	0	0	4	1	1	2
18-19	3	0	1	2	5	0	0	5
19-20	11	2	2	7	6	0	0	6
20-21	10	0	1	9	3	0	0	3
21-22	12	0	2	10	8	0	0	8
22-23	5	0	0	5	7	0	0	7
23-24	6	0	0	6	11	0	0	11
24-25	7	0	0	7	14	0	0	14

CORACOIDES

	VARONES			MUJERES				
	N	1	2	3	N	1	2	3
16-17	5	0	2	3	12	0	4	0
17-18	4	0	4	0	4	0	1	0
18-19	3	0	0	3	5	0	0	5
19-20	11	0	2	9	6	0	0	6
20-21	10	0	0	10	3	0	0	3
21-22	12	0	0	12	8	0	0	8
22-23	5	0	0	5	7	0	0	7
23-24	6	0	0	6	11	0	0	11
24-25	7	0	0	7	14	0	0	14

Tabla 1. Resultados de grados de fusión con la edad en sujetos entre 14 y 25 años de la serie de Cerdeña de Veschi y Facchini para acromion y coracoides (2002)

Capítulo 6:

HUESO HIOIDES

6.1. Recuerdo anatómico

6.2. Desarrollo embrionario y osificación

6.3. Estudios radiológicos y osteológicos

6.1. Recuerdo Anatómico:

El hioides es un hueso en forma de U o V que se halla situado tras la mandíbula, inmediatamente superior al esqueleto cartilaginoso laríngeo y anterior a la columna cervical. Se articula con las apófisis estiloides de los huesos temporales mediante los ligamentos estilo-hioides que pueden sufrir una osificación parcial.

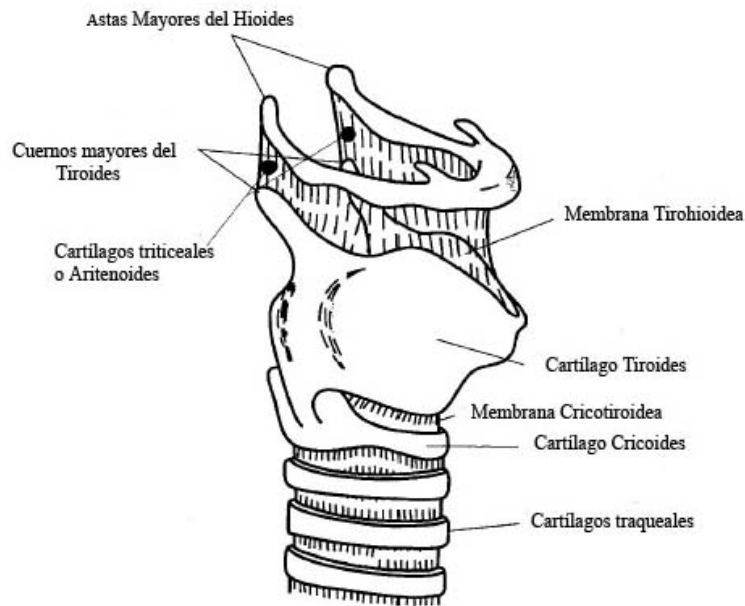


Figura 1. Complejo hioides-laríngeo, según Di Nunno et al (Di Nunno et al. 2004)

Anatómicamente, está constituido por un cuerpo, dos astas mayores y dos menores.

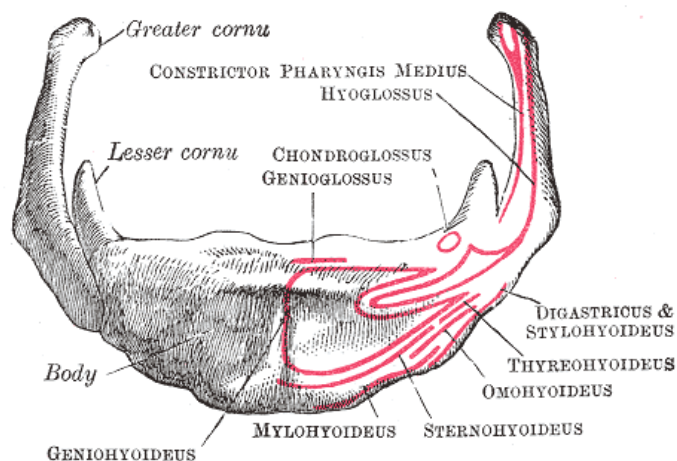


Fig. 2. Hioides. Vista anterior. (Tratado de Anatomía de Gray. Versión online. <http://www.bartleby.com/107/>)

El cuerpo tiene forma cuadrilátera, alargada e irregular. Su cara anterior es convexa y orientada hacia delante y arriba. Su cara superior está cruzada por una cresta marcada que en ocasiones en la zona medial presenta una cresta medial que divide el cuerpo en dos mitades. La parte inferior es lisa y convexa y está separada de la epiglotis por el ligamento tirohiodeo y tejido laxo.

Las astas mayores son dos huesos aplanados que se disponen a ambos lados del cuerpo. Se proyectan hacia atrás y su volumen disminuye de delante hacia atrás, terminando en un tubérculo.

Las astas menores se sitúan en el ángulo superior de unión de cada asta mayor con el cuerpo. Son pequeñas eminencias cónicas que se unen mediante tejido fibroso al cuerpo y, ocasionalmente, mediante una articulación sinovial con las astas mayores. Se unen con el extremo hioideo del ligamento estilohioideo, pudiendo existir calcificaciones de este ligamento que darían lugar a los huesos ceratohioideo y estilohioideo. En sus formas más extremas, la osificación de la cadena estilohioidea puede ser completa, incluyendo los cartílagos de Reichter, timpanohioideo y estilohioideo y ceratohioideo (Omnell et al. 1998).

El tamaño y morfología del hioides es muy variable. Se han descrito múltiples variantes de tamaño y morfología del cuerpo y el desarrollo de las astas puede ser escaso o llegar a contactar con la mandíbula (Morrisey y Jones. 1997) o la séptima vértebra cervical (Hilali et al. 1997).

6.2. Desarrollo Embrionario y Osificación:

El hueso hioides se desarrolla a partir de cartílagos del segundo y tercer arcos branquiales: el asta menor del segundo, el asta mayor del tercero y el cuerpo de la fusión de los extremos ventrales de ambos.

En la quinta semana comienza su condricación y ésta se completa en el tercer o cuarto mes intraútero (30 semanas intraútero, según Reed) (Reed. 1993). El proceso se inicia en las astas mayores. En el 75 % de los recién nacidos hay signos de radiopacidad en el hioides (Tompsett y Donaldson. 1951).

Su osificación se produce a partir de 6 centros: dos para el cuerpo y uno para cada asta. Al principio, el cuerpo presenta una zona de osificación en banda que se ha descrito en niños desde el 4º mes de desarrollo. Las astas presentan signos de osificación radiológica desde el mes 6º de vida.

El proceso de fusión del cuerpo con las astas mayores es errático, pudiendo existir fenómenos de fusión bilateral en edades tempranas menores de 20 años y siendo frecuentes los fenómenos de fusión únicamente unilateral y de ausencia de fusión en ambas astas en edades avanzadas.

6.3. Estudios Osteológicos y Radiológicos:

La fusión de las astas mayores del hioides con el cuerpo en relación con la edad ha sido analizada en pocas series, pese a su evidente interés médico legal en el estudio de las muertes asociadas con asfixias mecánicas.

O'Halloran y Lundt estudiaron 300 hioides obtenidos de cadáveres autopsiados en la oficina del Medical Examiner de Oregon y Ventura (California). Estos fueron estudiados en un tercio mediante métodos de observación osteológica tras extracción de los cadáveres y los otros dos tercios, además, mediante método radiológico (O'Halloran y Lundt. 1987).

La muestra estaba constituida por 225 hombres y 75 mujeres y la distribución racial fue de un 89 % caucasoides, 6 % negroides y 4 % mongoloides, siendo desconocido el 1%. La edad de la muestra osciló entre los 2 meses y los 92 años.

Los resultados del estudio indicaron que el 45 % de hombres y el 41 % de mujeres presentaban datos de osificación de la unión entre el asta mayor y el cuerpo. Antes de los 30 años de edad no se observaba habitualmente tal fusión. Existía una progresión de la osificación con la edad, pero ésta alcanzaba una meseta hacia los 60 años de edad, con una tasa de no fusión a partir de esta edad de un 40 % en mujeres y de un 30 % en hombres.

Destacó, además, el hecho de que se observó un fenómeno de fusión unilateral hasta en un 30 % de hombres entre 40 y 49 años y en el 61 % de mujeres entre 30 y 39 años.

Hombres				
Edad	No fusión	Fusión Unilateral	Fusión bilateral	Total
0-9	3 (100%)	0	0	3
10-19	22 (100%)	0	0	22
20-29	34 (69,4%)	6 (12,2 %)	9 (18,4 %)	49
30-39	20 (40,0 %)	9 (18,0%)	21 (42,0 %)	50
40-49	11 (27,5 %)	12 (30,0 %)	17 (42,5 %)	40
50-59	11 (35,5 %)	3 (9,7 %)	17 (54,8 %)	31
60-69	2 (14,3 %)	2 (14,3 %)	10 (71,4 %)	14
70-	4 (25,0%)	2 (12,5 %)	10 (62,5 %)	16
Total	107 (47,6%)	34 (15,1 %)	84 (37,3%)	225

Mujeres				
Edad	No fusión	Fusión Unilateral	Fusión bilateral	Total
0-9	3 (100%)	0	0	3
10-19	3 (75 %)	1 (25,0 %)	0	4
20-29	10 (58,8 %)	4 (23,5 %)	3 (17,6 %)	17
30-39	3 (23,1 %)	8 (61,5 %)	2 (15,4 %)	13
40-49	5 (38,5 %)	6 (46,1 %)	2 (15,4 %)	13
50-59	3 (33,3 %)	2 (22,2 %)	4 (44,4 %)	9
60-69	2 (22,4 %)	5 (55,6 %)	2 (22,2 %)	9
70-	2 (28,7 %)	1 (14,3 %)	4 (57,0 %)	7
Total	31 (41,3 %)	27 (36,0 %)	17 (22,7 %)	75

Tabla 1. Resultados serie de O'Halloran y Lundt (1987) sobre fusión de astas mayores y cuerpo del hioides.

El estudio fue posteriormente ampliado por Miller, Walker y O'Halloran en 1998. Se estudiaron en esta ocasión 315 hioides mediante métodos radiográficos. Las radiografías fueron escaneadas mediante un escáner de alta resolución (600 dpi) y las radiografías estudiadas mediante un programa de tratamiento de imágenes. La muestra provenía de autopsias en este caso sólo del condado de Ventura (California). La muestra estaba formada por 188 varones y 127 mujeres entre dos meses y 98 años de edad (Miller et al. 1998).

La proporción en la muestra total de varones con fusión unilateral fue del 19,7 %, bilateral del 31,9 % y sin datos de fusión en el 48,4 %. En mujeres, hubo fusión unilateral en el 21,4 %, bilateral en el 34,9 % y sin datos de fusión en el 43,7 %.

Los valores máximos de proporción de casos por grupo de edad de fusión unilateral en varones fueron del 34,5 % en el grupo de 41 a 50 años de edad y en mujeres en el grupo de 41 a 50 años con una proporción del 31,8 %.

Los valores máximos de proporción de casos por grupo de edad de fusión bilateral en varones fueron del 60 % en el grupo de 71 a 80 años de edad y en mujeres en el grupo de 71 a 80 años con una proporción del 52,2 %.

Otros autores han estudiado la morfología general del cuerpo y astas del hioides. Destacan los estudios de Harjeet y Jit (Harjeet y Jit. 1996), Pollanen y Ubelaker (Pollanen y Ubelaker. 1997) y Miller, Walker y O'Halloran (Miller et al. 1998).

Komenda y Cerney realizaron un estudio de análisis de varios parámetros del hioides sobre una muestra de cadáveres de 280 varones y 138 mujeres mayores de 20 años. Utilizando 6 parámetros (altura del cuerpo, anchura del cuerpo, altura de la extremidad del asta mayor, longitud de las astas mayores y menores y distancia entre los tubérculos de las astas mayores) elaboraron fórmulas que les permitían establecer el diagnóstico del sexo en el 95 % de los sujetos (citado por Harjeet y Jit. 1996).

Harjeet y Jit analizaron una muestra de 300 hioides de adultos (200 hombres y 100 mujeres) y de 50 niños (25 niños y 25 niñas) obtenidos en autopsias medicolegales realizadas en Punjab (India). Tomaron medidas osteométricas similares a las anteriores (varias medidas de longitud de las astas mayores, longitud de las astas menores, anchura del cuerpo, longitud antero-posterior del cuerpo y distancia entre los tubérculos de las astas mayores), así como el peso de los hioides. De este modo obtuvieron hasta 16 parámetros de análisis y elaboraron fórmulas que les permitían asignar correctamente el sexo en un 92,3 % de varones y en un 95,6% de mujeres (Harjeet y Jit. 1996).

Papadopoulos et al en 1989 propusieron un sistema de clasificación de la morfología del hioides en varios grupos morfológicos (Papadopoulos et al. 1989). Harjeet y Jit en 1996 adaptaron esta misma clasificación, constituida por:

- En forma de U (en forma de círculo, con los tubérculos de las astas mayores casi paralelos entre sí)
- En forma de V (con las astas mayores rectilíneas y divergentes)
- En forma de barca (astas mayores rectilíneas divergentes y cuerpo cuadrangular)
- En herradura (las astas mayores en círculo y enfrentadas entre sí)
- Desviado o asimétrico (ambas astas mayores asimétricas)

Esta clasificación es una ampliación de la anteriormente propuesta por Koebke y Saternus (Koebke y Saternus. 1979) que proponía cuatro tipos básicos de hioides: parabólico, hiperbólico, en herradura y asimétrico.

Las series de Koebke y Saternus (1979) y Harjeet y Jit (1996) parecen sugerir que el tipo de hioides en U o hiperbólico es el más frecuente en mujeres y el hioides en V o parabólico el más común en hombres. La serie de Papadopoulos et al (1989), sin embargo, indica que el tipo más común sería el tipo en barca y el asimétrico o desviado.

Hioides	En U	en V	en Barca	en Herradura	Desviado
Harjeet, Jit					
Varones	20,5 %	33,5 %	14 %	10 %	22 %
Mujeres	33 %	18 %	19 %	12 %	18 %
Papadopoulos					
Total	18,4 %	5,3 %	26,3 %	21,1 %	28,9 %
	Hiperbólico	Parabólico		en Herradura	Desviado
Koebke, Saternus					
Total	35 %	40,9 %		13,1 %	11 %

Tabla 2. Comparación de la morfología del hioides en adultos según el sexo en las series de Harjeet y Jit, Papadopoulos et al y Koebke y Saternus.

Pollanen y Ubelaker en 1997, también analizaron la morfología de 100 hioides de la colección Terry (Smithsonian Institution, Washington DC) y consideraron la longitud de las astas mayores y la anchura entre los tubérculos de las astas mayores, así como la morfología de los hioides, clasificando éstos en dos tipos: 50 hiperbólicos y 50 parabólicos. Las conclusiones de su estudio se centraron en indicar que las diferencias en las medidas tomadas en ambos tipos de hioides eran poco importantes y que existía un solapamiento importante de resultados. El único dato significativo pareció ser el de que las mujeres tenían unas medidas en general más pequeñas que los hombres. Cuando, además, aplicaron el modelo a hioides fracturados no pudieron identificar datos significativos que permitiesen aseverar la propuesta previa de que los hioides más largos en el eje antero-posterior eran más susceptibles a las fracturas por estrangulación (Pollanen y Ubelaker. 1997).

El estudio de Miller, Walker y O'Halloran (1998), cuando analizó la morfología de los hioides en relación con la edad y el sexo intentó evidenciar la existencia de tres tipos de hioides: en forma de U, hiperbólico (longitud y anchura similares) y parabólico (anchura mayor que longitud). Al comparar las medidas recogidas (anchura y longitud) en relación con la posible asignación a un tipo u otro (basado en la impresión del observador de visu), no pudieron identificar diferencias claras ya que las medidas se distribuían en todos los hioides de forma similar y sin evidenciar auténticas diferencias métricas entre ellos. De este modo, concluyeron que la asignación en el examen visual a uno u otro tipo morfológico tenía un alto nivel de arbitrariedad. Curiosamente, sí identificaron en las medidas tomadas una correlación entre la edad de los sujetos y asimetría entre la longitud de las astas mayores, de forma que la asimetría era más acusada con la edad

de los sujetos. Sin embargo, dado que ésta corría paralela con una mayor frecuencia de fusión de las astas al cuerpo, haciendo más difícil interpretar el punto de unión del cuerpo con el asta, es posible que sus resultados no reflejasen una auténtica variación con la edad, sino un defecto de medición por error al interpretar el punto de unión entre asta mayor y cuerpo.

Algunos estudios han analizado la posición relativa del hioides y su relación morfológica y angular con las restantes estructuras de la columna cervical y la región laringofaríngea. Entre estos estudios, se encuentra el realizado por Henríquez et al en el año 2000. En este estudio, basado en radiografías de la región cervical de sujetos entre 17 y 24 años de edad, los autores analizaron la posición angular relativa de los elementos del hioides y su morfología general. Sus resultados relativos a la morfología del cuerpo del hioides se recogen en la tabla 3 (Henríquez et al. 2000).

FORMAS	Con centro radiolúcido %		Sin centro radiolúcido %	
Cuadrilátero	4	8,7	0	0,0
Triangular	7	15,2	5	10,9
Ovoideo	19	41,3	10	21,7
Lineal	0	0,0	1	2,2
Total	30	65,2	16	34,8

Tabla 3. Distribución de formas radiológicas de los cuerpos de los hioides en la serie de Henríquez et al de 2000.

Algunos estudios se han centrado en el análisis de la posible osificación del ligamento estilohioideo. En un trabajo de Omnell et al se indica que en un grupo de 118 pacientes estudiados mediante radiografías cefalométricas se pudo observar que un 58 % de sujetos entre 8 y 12 años, un 89 % entre 13 y 19 años y un 97 % entre 20 y 43 años presentaban zonas de osificación más o menos extensas en el ligamento estilohioideo (Omnell et al. 1998). No obstante, estas zonas de osificación, si bien se podían localizar en toda la extensión del ligamento, solían hallarse en la zona superior, más cercana a la apófisis estiloides.

Capítulo 7:

ESTUDIO SOBRE UNA MUESTRA DE RADIOGRAFÍAS DIGITALES.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material y Métodos

7.1. Ortopantomografías dentales

7.2. Radiografías digitales de tórax

7.2.1.1. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula

7.2.1.2. Osificación del cartílago costal de la primera costilla

7.2.1.3. Parámetros de degeneración articular en las articulaciones esterno – clavicular y acromio – clavicular

7.2.1.4. Presencia de alteraciones morfológicas en las uniones costo – clavicular y coraco – clavicular

7.2.1.5. Medidas de índices claviculares

7.3. Análisis de correlación intraobservador para las pruebas realizadas

7.1. Material y Métodos:

Para la realización del trabajo de investigación se ha analizado una muestra de 123 radiografías de tórax de sujetos de ambos sexos y 742 Ortopantomografías de la región oral de sujetos de ambos sexos. La distribución por sexos y edades de la muestras se recogen en las tablas 1 y 2. Las medidas estadísticas de distribución de edades dentro de cada grupo de edad y sexo se incluyen en las tablas 3 a 8. La distribución de edades se expresa gráficamente mediante histogramas con curva de normalidad para la muestra global de ambos sexos en ambas muestras radiográficas en los gráficos 1 y 2.

Edad	Hombres	Mujeres	Total
0-20	12	12	24
20-30	20	20	40
30-40	20	20	40
40-50	20	20	40
50-60	20	20	40
60-70	20	20	40
70-	10	12	22
Total	122	124	246

Tabla 1. Radiografías de tórax por grupos de edad y sexo analizadas.

Grupos Edad	Media	N	Desviación standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0-20	15,972603	24	4,4029583	5,3479	19,7205	17,732877
20-30	25,159932	40	2,8114657	20,0904	29,5973	25,179452
30-40	35,264110	40	2,8953552	30,6658	39,9644	35,078082
40-50	45,031644	40	2,7420453	40,4027	49,2411	45,517808
50-60	55,192466	40	2,6385442	51,4384	59,9041	54,980822
60-70	64,293288	40	2,6016542	60,2082	69,3151	64,382192
70-80	72,694645	22	1,8292717	70,2740	75,4110	72,816438
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 2. Medidas estadísticas de distribución de edades en la muestra de radiografías de tórax de ambos sexos. Las cifras de número de casos expresan los valores de radiografías de cada hemisferio analizadas.

Grupos Edad	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0-20	17,270776	12	3,2326185	10,6055	19,7205	18,049315
20-30	24,627534	20	2,9087148	20,0904	28,9123	24,660274
30-40	35,108767	20	3,0571071	30,6658	39,9644	34,906849
40-50	44,917808	20	2,8246369	40,4027	49,0411	44,889041
50-60	55,173699	20	2,8283068	51,4384	59,9041	55,349315
60-70	64,079178	20	2,2621848	60,6603	68,3260	64,023288
70-	73,031233	10	1,9883916	70,8548	75,4110	72,816438
Total	44,390995	122	17,6131134	10,6055	75,4110	44,052055

Tabla 3. Medidas estadísticas de distribución de edades en la muestra de radiografías de tórax de Hombres. Las cifras de número de casos expresan los valores de radiografías de cada hemicuerpo analizadas.

Grupos Edad	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0-20	14,674429	12	5,1388432	5,3479	19,4274	16,642466
20-30	25,692329	20	2,6771897	21,0740	29,5973	25,897260
30-40	35,419452	20	2,7947579	30,8438	39,5918	35,143836
40-50	45,145479	20	2,7253435	40,6329	49,2411	45,517808
50-60	55,211233	20	2,5080246	52,0712	59,3863	54,908219
60-70	64,507397	20	2,9460923	60,2082	69,3151	64,765753
70-	72,414155	12	1,7218019	70,2740	75,1205	72,578082
Total	44,875652	124	18,0499445	5,3479	75,1205	45,517808

Tabla 4. Medidas estadísticas de distribución de edades en la muestra de radiografías de tórax de Mujeres. Las cifras de número de casos expresan los valores de radiografías de cada hemicuerpo analizadas.

Edad	Hombres	Mujeres	Total
0-20	17	19	36
20-30	58	63	121
30-40	63	80	143
40-50	74	110	184
50-60	60	96	156
60-70	40	35	75
70-	12	15	27
Total	324	418	742

Tabla 5. Ortopantomografías dentales por grupos de edad y sexo analizadas.

Grupos Edad	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0-20	16,45	36	2,565	9	20	16,73
20-30	25,05	121	2,915	20	30	24,69
30-40	35,18	143	3,092	30	40	35,72
40-50	45,19	184	3,090	40	50	45,80
50-60	54,95	156	3,099	50	60	54,97
60-70	63,83	75	2,694	60	70	63,28
70-	72,34	27	1,927	70	77	71,74
Total	43,50	742	14,619	9	77	44,27

Tabla 6. Medidas estadísticas de distribución de edades en la muestra de Ortopantomografías dentales de ambos sexos.

Grupos Edad	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0-20	16,00	17	3,131	9	20	16,12
20-30	25,01	58	2,888	20	30	25,10
30-40	35,33	63	3,156	30	40	35,98
40-50	45,16	74	3,206	40	50	45,83
50-60	54,79	60	3,057	50	60	54,78
60-70	63,57	40	2,690	60	70	62,71
70-	73,35	12	2,250	70	77	73,27
Total	43,21	324	15,177	9	77	43,47

Tabla 7. Medidas estadísticas de distribución de edades en la muestra de Ortopantomografías dentales de Hombres.

Grupos Edad	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0-20	16,85	19	1,927	14	20	17,44
20-30	25,08	63	2,963	20	30	24,62
30-40	35,06	80	3,055	30	40	35,52
40-50	45,21	110	3,024	40	50	45,75
50-60	55,05	96	3,137	50	60	54,97
60-70	64,13	35	2,706	60	69	63,99
70-	71,53	15	1,153	70	74	71,31
Total	43,73	418	14,185	14	74	45,26

Tabla 8. Medidas estadísticas de distribución de edades en la muestra de Ortopantomografías dentales de Mujeres.

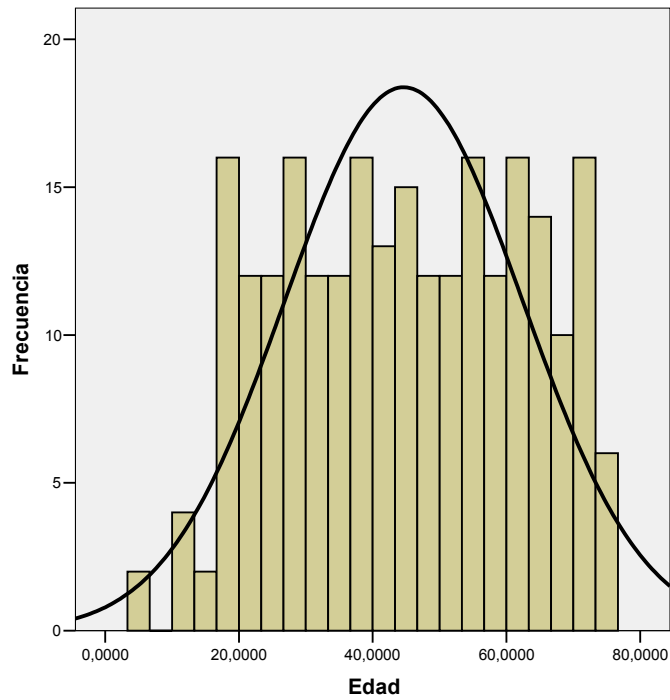


Gráfico 1. Histograma de frecuencias de edades para la muestra global de Radiografías de Tórax analizadas. Se incluye curva de normalidad.

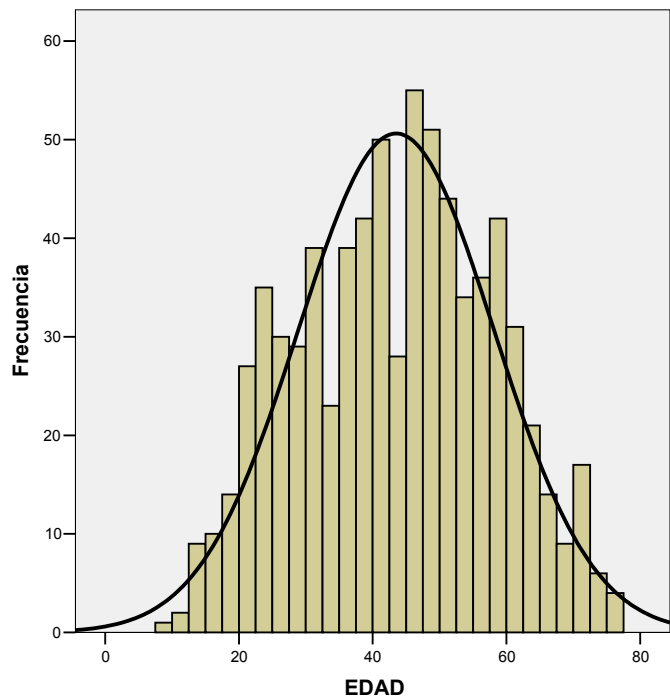


Gráfico 2. Histograma de frecuencias de edades para la muestra global de Ortopantomografías dentales analizadas.

Las radiografías se han analizado en formato digital obtenido mediante sistemas de elaboración de radiografías digitales directa. Las imágenes radiográficas digitalizadas han sido facilitadas amablemente por un centro de radiodiagnóstico privado de Bilbao (Preteimagen) y la muestra de población de las que se han seleccionado las imágenes corresponde con una muestra aleatoria de sujetos estudiados en dicho centro. De esta manera, las radiografías han sido realizadas tanto a sujetos que presentan alteraciones patológicas en la región anatómica seleccionada, como a sujetos sometidos a estas pruebas con carácter rutinario en pruebas de screening de población general o en el curso de estudios preoperatorios por otras patologías.

Las imágenes digitales de las radiografías se han obtenido originalmente en formato DICOM. No obstante, dado el tamaño relativo de estas imágenes y la limitación de funciones de uso que se iba a hacer de las mismas, se ha decidido transformarlas a formato JPG. De este modo, las características de identificación de la imagen radiográfica y otras funciones incluidas en el formato DICOM se han eliminado de las imágenes. Antes de proceder a su modificación, se realizó un test con varias radiografías digitales en formatos DICOM transformadas a JPG y se pudo comprobar que para los fines del análisis que se iba a realizar sobre las mismas, la calidad de la imagen no se alteraba. La resolución final de las radiografías de tórax fue de 2140 x 1760 píxeles a 8 bits de escala de grises y la de las ortopantomografías dentales de 2370 x 1770 píxeles a 8 bits.

Estas imágenes digitales en formato JPG se han analizado mediante la aplicación de las funciones de un programa de tratamiento de imágenes específico: Image-J 1.34s (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>; versión actual 1.37 para windows). Este es un programa de tratamiento de imagen gratuito y de código abierto que permite la visualización de imágenes radiográficas y su manipulación. Entre las funciones de manipulación de la imagen aplicadas se han incluido: modificación de características de brillo y contraste, restricción de escala de grises, aplicación de funciones de inclusión de cuadros en la imagen y uso de puntero para definir la posición relativa de un punto de la imagen según su disposición en los ejes X e Y de píxeles.

Así modificadas las radiografías al formato JPG, las mismas han sido identificadas únicamente mediante un código numérico y el mismo se ha vinculado con los datos relativos a edad y sexo de cada código y se ha conservado en una base de datos diseñada a tal efecto en hojas de cálculo Excel. De este modo, ha sido posible analizar cada imagen de forma ciega, desconociendo el observador los datos relativos a edad y sexo al analizar las imágenes, pero pudiendo posteriormente asignar correctamente dichas características en los cálculos realizados.

Las radiografías han sido analizadas de forma diversa en el caso de las imágenes de Ortopantomografía dental y de radiografías de tórax. En las primeras, se ha analizado únicamente el aspecto general de la zona de unión del asta mayor del hioides a ambos lados,

intentando definir en ella si la unión ósea se hallaba completada o no. En las segundas, se han analizado algunos parámetros de valoración mediante un examen de sus características morfológicas y otros parámetros se han valorado mediante las posiciones relativas en píxeles de puntos en la imagen y desde la localización de estos se han podido obtener cálculos de distancias relativas y razones entre ellas e índices.

Para cada uno de los parámetros analizados se han elaborado plantillas específicas a tal efecto con códigos de resultados para cada parámetro.

El tratamiento matemático y estadístico de los datos recopilados ha sido realizado en un primer tiempo mediante hojas de cálculo Excel 2000 y, una vez obtenidos datos útiles, analizados estadísticamente mediante el programa de tratamiento estadístico SPSS, versión 13.0 (SPSS Inc. 1989-2004), facilitado por la UPV-EHU.

En dos de los casos de placas radiográficas de tórax, las características de las mismas no permitían visualizar la región acromio-clavicular. Estos valores perdidos han sido sustituidos por dos nuevas imágenes radiográficas de sujetos de la misma edad (rango anual) y sexo y se han recalculado en ellas las medidas claviculares, los estadios de fusión de la primera costilla, el estadio de la epífisis proximal de la clavícula, los parámetros de degeneración articular y las anomalías de las uniones en las clavículas derechas de ambas nuevas radiografías.

7.2. Ortopantomografías Dentales:

En ellas se ha analizado el aspecto morfológico de la unión entre asta mayor y cuerpo del hioides intentando definir en cada imagen si la misma correspondería con una unión completa, parcial o ausente. Para una adecuada visualización de las imágenes se han utilizado las funciones de alteraciones de brillo y contraste y de definición de escalas de grises facilitadas por el programa Image J.

A pesar de que en no pocas ocasiones la distorsión inherente a la forma en la que son obtenidas las Ortopantomografías o radiografías panorámicas hacía difícil valorar con precisión si la unión entre asta mayor y cuerpo existía o no, se ha decidido no excluir de la muestra aquellos casos en los que la unión se hallaba demasiado distorsionada para permitir su identificación y aquellos casos en los que la región del hioides simplemente no se incluía en la imagen radiográfica por la posición del foco de imagen. Estos casos han sido identificados como distorsionados.

De este modo, en cada Ortopantomografía se han registrado en cada uno de los dos lados del hioides si la unión presentaba uno de los siguientes valores: fusión completa, fusión parcial, fusión ausente o imagen distorsionada.

Por otra parte, se ha analizado también si en cada hioides analizado en el que ambas astas mayores eran identificables el estado de fusión de las mismas era unilateral, bilateral o ausente en ambas astas. Para los fines de esta estimación se ha considerado únicamente como fusión el estado completo de la misma para cada asta mayor del hioides.

Al tratarse de una serie en la que se comparan valores cualitativos (valores de fusión del asta mayor con el cuerpo del hioides) y cuantitativos (edad), los estadísticos analizados han incluido medidas estadísticas de distribución generales: media aritmética, desviación estándar, mediana, valores máximos y valores mínimos. Las medidas se han analizado por grupos de edad y por sexos. Gráficamente los resultados se han expresado mediante gráficos de cajas (box-plot).

Se incluyen ejemplos de cada uno de los valores definidos en las imágenes 1 a 5.

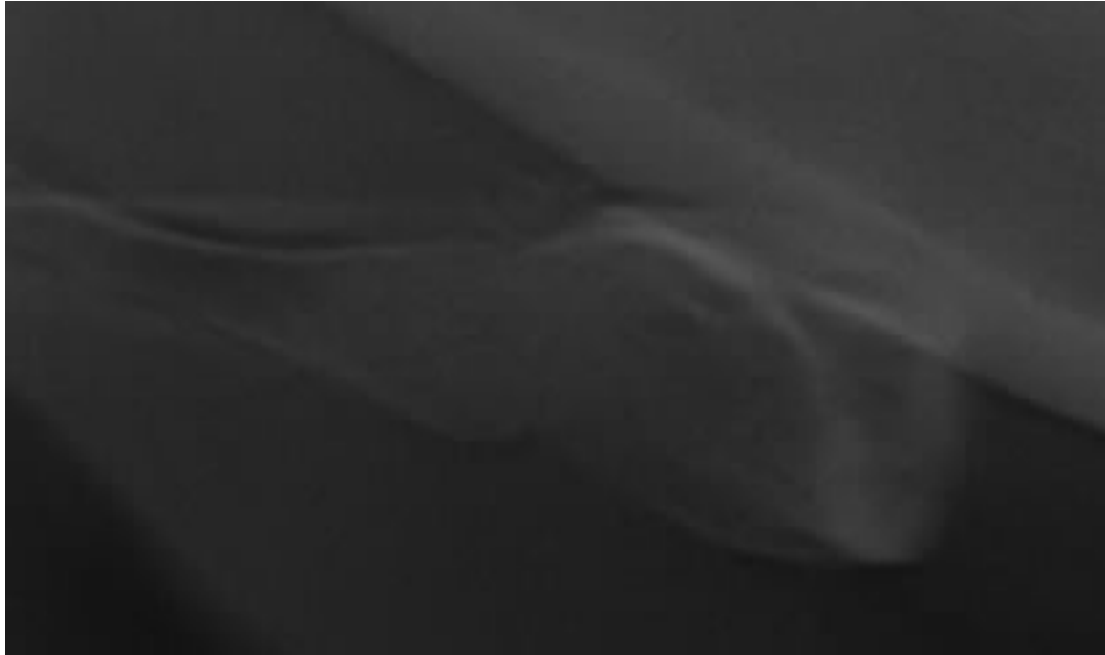


Imagen 1. Ortopantomografía dental. Fusión del asta mayor del hioides completa.

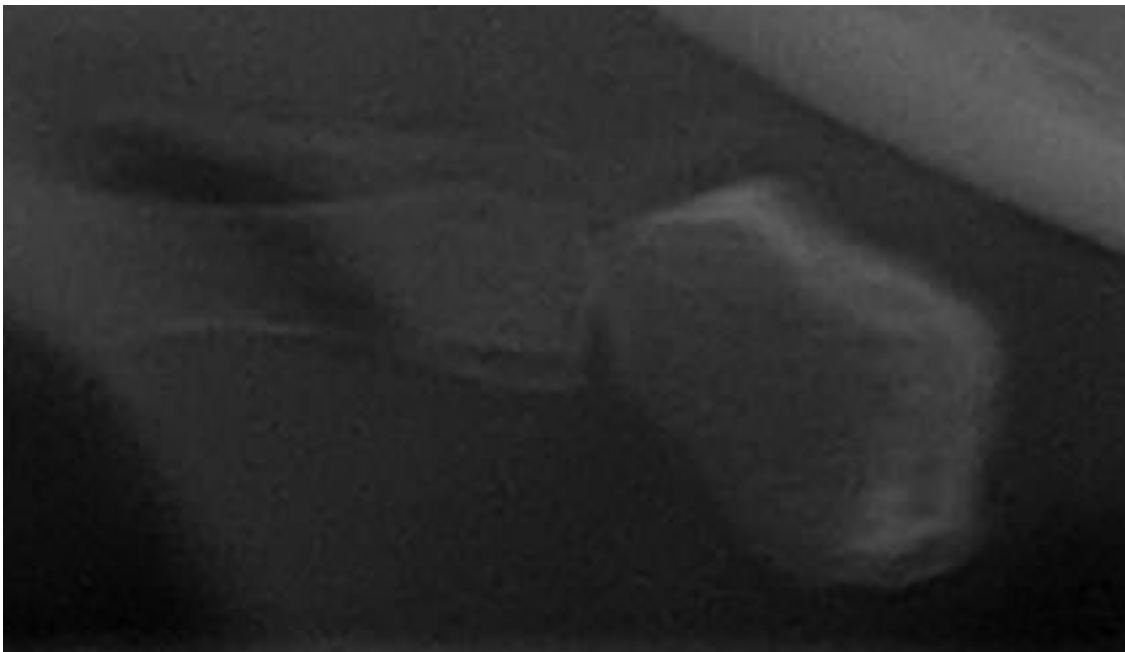


Imagen 2. Ortopantomografía dental. Fusión del asta mayor del hioides parcial.

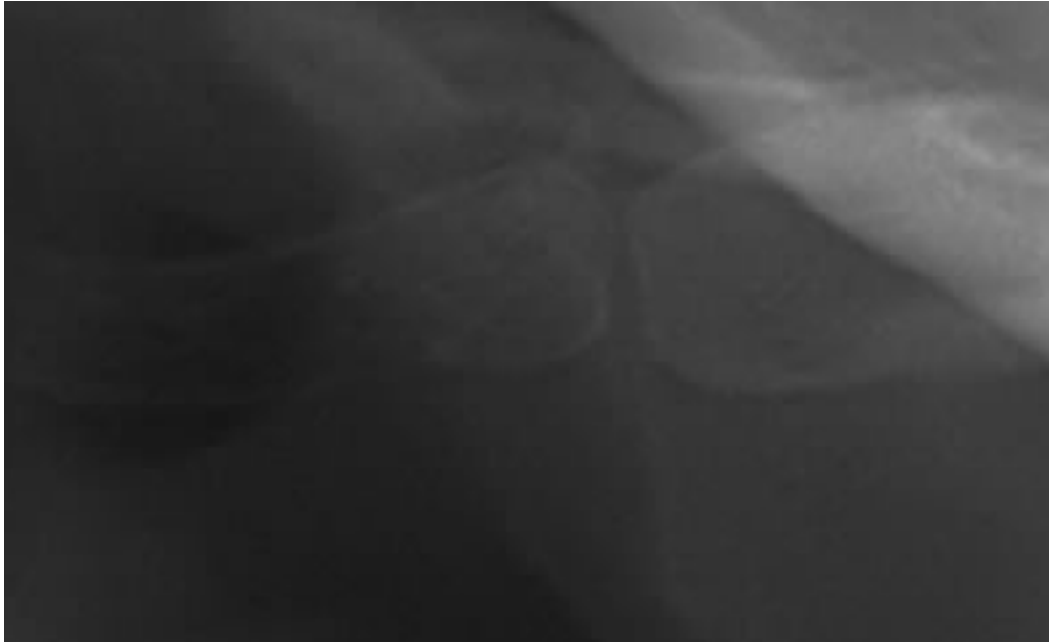


Imagen 3. Ortopantomografía dental. Fusión del asta mayor del hioides ausente.

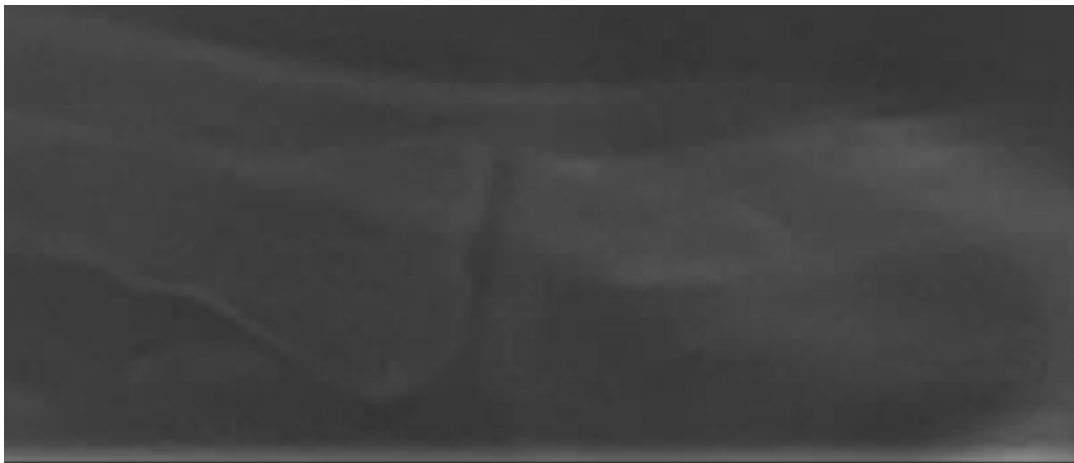


Imagen 4. Ortopantomografía dental. Fusión del asta mayor del hioides ausente.



Imagen 5. Ortopantomografía dental. Fusión del asta mayor del hioides dudosa o distorsionada.

7.3. Radiografías de Tórax:

En las radiografías digitales de tórax se han analizado diversos parámetros que en estudios previos se han relacionado con la edad y el sexo. Algunos de estos parámetros han sido valorados mediante su asignación a variables discretas y otros a variables continuas.

7.3.1. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula:

En las radiografías de tórax se ha analizado el aspecto morfológico de la unión entre la epífisis proximal y la diáfisis de ambas clavículas intentando definir en cada imagen si la misma correspondería con alguno de los estadios de fusión descritos por Schmeling et al. Para una adecuada visualización de las imágenes se han utilizado las funciones de alteraciones de brillo y contraste y de definición de escalas de grises facilitadas por el programa Image J.

A pesar de que en no pocas ocasiones la superposición de contornos óseos de la columna vertebral y de las costillas hacía difícil valorar con precisión el estadio de fusión, se decidió no excluir de la muestra aquellos casos en los que la unión se hallaba demasiado distorsionada para permitir su identificación. Estos casos fueron identificados como distorsionados.

De este modo, en cada radiografía digital de tórax se han registrado en cada una de ambas clavículas si la unión presentaba uno de los siguientes valores: estadio de fusión de Schmeling e imagen distorsionada. Los casos correspondientes con anomalías en “boca de pez” (Freyschmidt et al. 2003) fueron considerados a efectos de registro como en estadio 5 de Schmeling.

Al tratarse de una serie en la que se comparan valores cualitativos (valores de estadios de fusión descritos por Schmeling et al) y cuantitativos (edad), los estadísticos analizados han incluido medidas estadísticas de distribución generales: media aritmética, desviación estándar, mediana, valores máximos y valores mínimos. Las medidas se han analizado por grupos de edad y por sexos. Gráficamente los resultados se han expresado mediante gráficos de cajas (box-plot).

Se incluyen ejemplos de cada uno de los estadios descritos por Schmeling et al en la tabla 9.

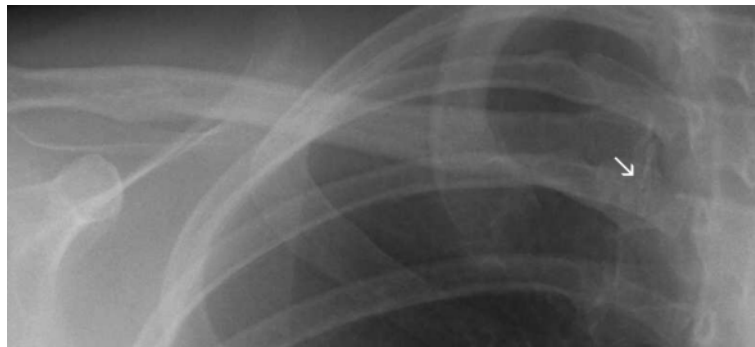
0: No epífisis esternal;

1: Epífisis incipiente;

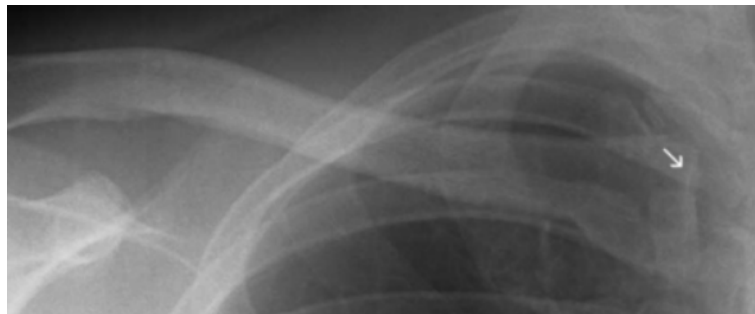
2: Epífisis que cubre la superficie de la copa diafisaria;



3: Epífisis parcialmente fusionada;



4: Fusión completa con trazas de la cicatriz metafisaria;



5: Fusión completa sin trazas de cicatriz metafisaria;



Tabla 9. Sistema gráfico de estadios de Schmeling et al (2004)

7.3.2. Osificación del cartílago costal de la primera costilla:

En las radiografías de tórax se ha analizado el aspecto morfológico del cartílago costal de la primera costilla y se ha intentado definir en cada imagen si el mismo correspondería con alguno de los estadios de osificación descritos por Barchilon y Michelson. Para una adecuada visualización de las imágenes se han utilizado las funciones de alteraciones de brillo y contraste y de definición de escalas de grises facilitadas por el programa Image J.

De este modo, en cada radiografía digital de tórax se registraron en cada una de ambas primeras costillas si el cartílago costal presentaba una osificación equivalente a alguno de los estadios propuestos por Barchilon y Michelson.

Al tratarse de una serie en la que se comparan valores cualitativos (valores de estadios de osificación del cartílago costal descritos por Barchilon) y cuantitativos (edad), los estadísticos analizados han incluido medidas estadísticas de distribución generales: media aritmética, desviación estándar, mediana, valores máximos y valores mínimos. Las medidas se han analizado por grupos de edad y por sexos. Gráficamente los resultados se han expresado mediante gráficos de cajas (box-plot).

Para intentar aproximar un cálculo de correlación entre los resultados y la edad se ha considerado también la variable de estadio de Barchilon como una variable continua y se ha obtenido el coeficiente de correlación de Pearson para ambos sexos.

Se incluyen ejemplos de cada uno de los estadios descritos por Barchilon en las imágenes 6 a 9.

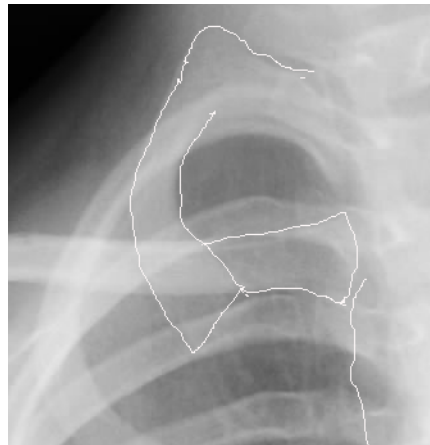


Imagen 6. Osificación del cartilago costal de la primera costilla. Estadio 0 de Barchilon, equivalente a no osificación.

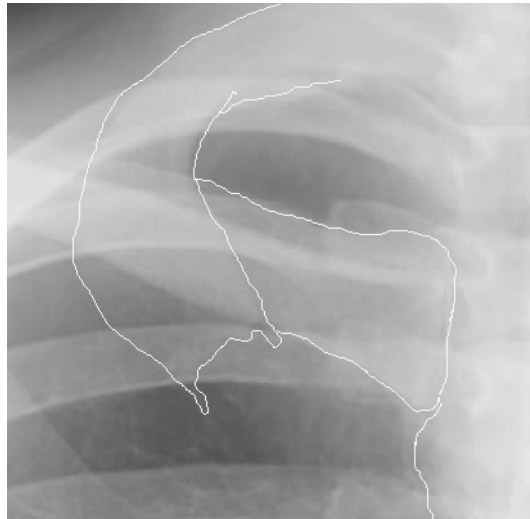


Imagen 7. Osificación del cartilago costal de la primera costilla. Estadio 1 de Barchilon, equivalente a osificación incipiente.

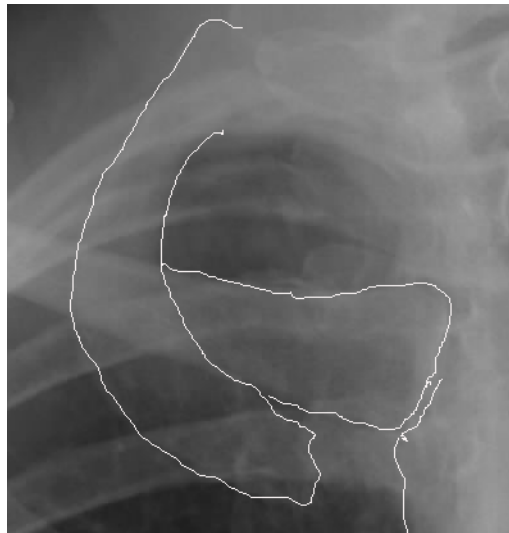


Imagen 8. Osificación del cartilago costal de la primera costilla. Estadio 2 de Barchilon, equivalente a osificación en torno al 50 % del cartilago.



Imagen 9. Osificación del cartilago costal de la primera costilla. Estadio 3 de Barchilon, equivalente a osificación completa o casi completa.

7.3.3. Parámetros de degeneración articular en las articulaciones esterno – clavicular y acromio – clavicular:

En las radiografías de tórax se ha analizado el aspecto morfológico de las articulaciones esterno – clavicular y acromio – clavicular y se ha intentado definir en cada imagen si en la misma se apreciaban datos indicativos de degeneración articular de tipo artrósico. Para una adecuada visualización de las imágenes se han utilizado las funciones de alteraciones de brillo y contraste y de definición de escalas de grises facilitadas por el programa Image J.

Los parámetros de degeneración articular valorados han sido:

- Disminución del espacio articular
- Presencia de osteofitos marginales superiores e inferiores en ambas caras articulares
- Esclerosis cortical irregular
- Quistes o geodas subcondrales
- Deformidad de las superficies articulares
- Subluxación articular
- Calcificación del menisco articular en ambas articulaciones

De este modo, en cada radiografía digital de tórax se han registrado en cada una de ambas articulaciones si estas anomalías eran visibles o no. Del mismo modo, a pesar de la dificultad de identificar ciertas anomalías en las imágenes por la superposición de estructuras óseas no se excluyeron los casos dudosos identificándolos como tales.

Al tratarse de una serie en la que se comparan valores cualitativos (valores de presencia o ausencia de cada parámetro) y cuantitativos (edad), los estadísticos analizados han incluido medidas estadísticas de distribución generales: media aritmética, desviación estándar, mediana, valores máximos y valores mínimos. Las medidas se han analizado por grupos de edad y por sexos. Gráficamente los resultados se han expresado mediante gráficos de cajas (box-plot).

Adicionalmente, se ha desarrollado un índice de degeneración articular, producto de la suma aritmética de los resultados de todos los datos degenerativos de cada articulación unilateral. Para esta suma, la presencia del rasgo anómalo se puntuaba 1 y su ausencia o la imposibilidad para valorarla como 0.

Este valor ha sido considerado como una variable cuantitativa y se la comparó con la edad. La expresión inicial de la misma se ha desarrollado mediante medidas estadísticas y su correlación estadística con la edad se ha valorado mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Se han analizado las medidas estadísticas ya definidas y se ha incluido su expresión

gráfica bajo la forma de diagramas de cajas en los que se relacionaba el citado índice con la edad.

7.3.4. Presencia de alteraciones morfológicas en las uniones costo – clavicular y coraco – clavicular:

En las radiografías de tórax se ha analizado el aspecto morfológico de las uniones costo – clavicular y coraco – clavicular y se ha intentado definir en cada imagen si en la misma se apreciaban ciertas anomalías. Para una adecuada visualización de las imágenes se han utilizado las funciones de alteraciones de brillo y contraste y de definición de escalas de grises facilitadas por el programa Image J.

Los parámetros de anomalías de la unión valorados han sido:

- Ausencia de hallazgos anómalos
- Presencia de depresión local o fosa romboidea en la unión costo-clavicular
- Presencia de depresión local en la unión coraco-clavicular
- Presencia de tubérculo clavicular en la unión costo-clavicular
- Presencia de tubérculo conoide en la unión coraco-clavicular
- Presencia de articulación en ambas uniones

De este modo, en cada radiografía digital de tórax se han registrado en cada una de ambas uniones si estas anomalías eran visibles o no.

Al tratarse de una serie en la que se comparan valores cualitativos (valores de presencia o ausencia de cada parámetro) y cuantitativos (edad), los estadísticos analizados han incluido medidas estadísticas de distribución generales: media aritmética, desviación estándar, mediana, valores máximos y valores mínimos. Las medidas se han analizado por grupos de edad y por sexos. Gráficamente los resultados se han expresado mediante gráficos de cajas (box-plot).

Se incluyen imágenes de algunos de estos hallazgos anómalos en las imágenes 10 a 12.

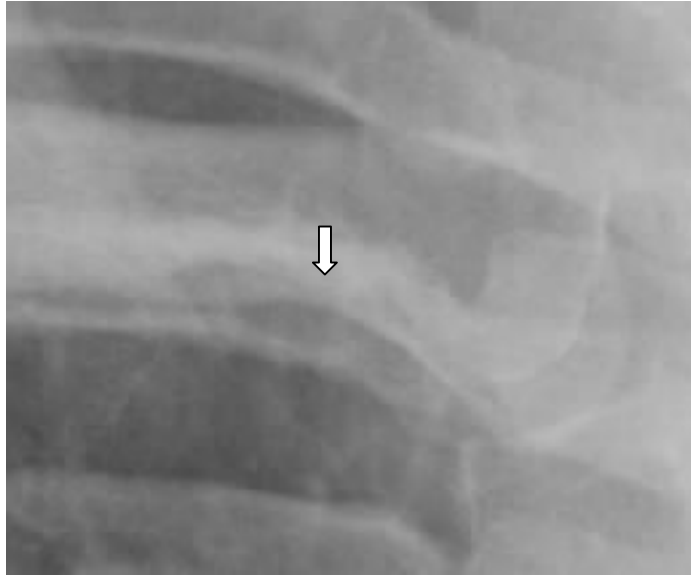


Imagen 10. Fosa romboidea en clavícula derecha

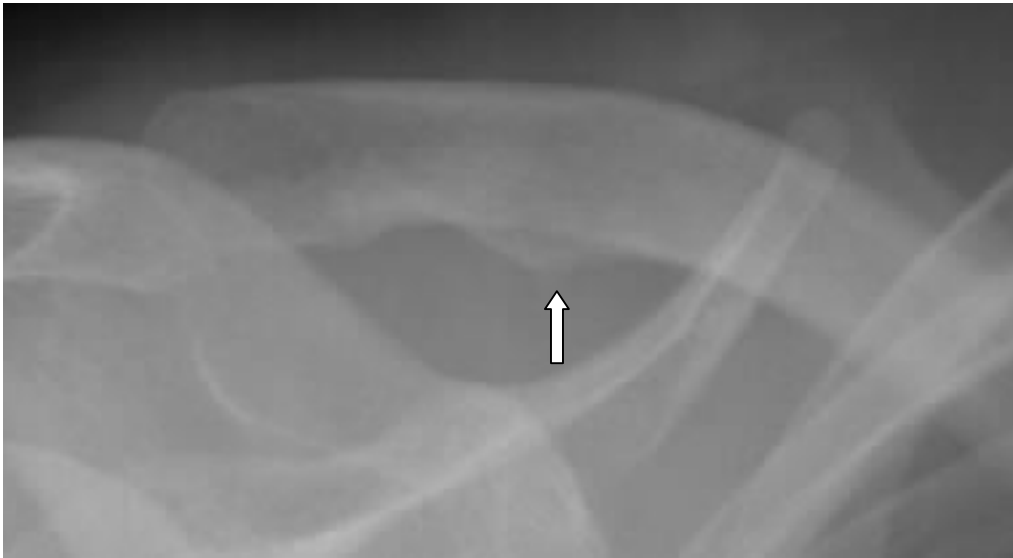


Imagen 11. Tubérculo conoide en clavícula derecha



Imagen 12. Imagen Articular en la unión Coraco-clavicular en clavícula derecha.

7.3.5. Medidas de índices claviculares:

En las radiografías de tórax se ha analizado el grosor cortical de la clavícula a tres niveles de la longitud clavicular: en su mitad, en la zona media de la mitad esternal y en la zona media de la mitad acromial. El grosor cortical una vez establecido se ha relacionado con el grosor total de la clavícula al mismo nivel en forma de una razón entre ambas medidas. El índice que relaciona el total del grosor cortical y el total del grosor de la clavícula se ha diferenciado a cada nivel con dos índices adicionales al establecer la razón entre el grosor total de la clavícula y las medidas de los grosores corticales tomados en la parte superior e inferior de la clavícula.

De este modo, para cada clavícula se han obtenido nueve índices:

- Índice Cortical 1 Total acromial: razón entre el grosor cortical total a nivel de la mitad acromial y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.
- Índice Cortical 1 Superior acromial: razón entre el grosor cortical superior a nivel de la mitad acromial y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.
- Índice Cortical 1 Inferior acromial: razón entre el grosor cortical inferior a nivel de la mitad acromial y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.
- Índice Cortical 1 Total medial: razón entre el grosor cortical total a nivel de la mitad de la clavícula y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.
- Índice Cortical 1 Superior medial: razón entre el grosor cortical superior a nivel de la clavícula y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.
- Índice Cortical 1 Inferior medial: razón entre el grosor cortical inferior a nivel de la mitad de la clavícula y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.
- Índice Cortical 1 Total esternal: razón entre el grosor cortical total a nivel de la mitad esternal y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.
- Índice Cortical 1 Superior esternal: razón entre el grosor cortical superior a nivel de la mitad esternal y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.
- Índice Cortical 1 Inferior esternal: razón entre el grosor cortical inferior a nivel de la mitad esternal y el grosor total de la clavícula a ese mismo nivel.

Estos índices se han denominado tipo 1, de forma análoga a la denominación ya utilizada previamente por Fedvcib (2003). De forma también análoga este autor, se han obtenido otros nueve índices para valorar la relación entre el grosor cortical y la longitud de la clavícula. Tales índices se han denominado de tipo 2.

- Índice Cortical 2 Total acromial: razón entre el grosor cortical total a nivel de la mitad acromial y la longitud total de la clavícula.
- Índice Cortical 2 Superior acromial: razón entre el grosor cortical superior a nivel de la mitad acromial y la longitud total de la clavícula.

- Índice Cortical 2 Inferior acromial: razón entre el grosor cortical inferior a nivel de la mitad acromial y la longitud total de la clavícula.
- Índice Cortical 2 Total medial: razón entre el grosor cortical total a nivel de la mitad de la clavícula y la longitud total de la clavícula.
- Índice Cortical 2 Superior medial: razón entre el grosor cortical superior a nivel de la clavícula y la longitud total de la clavícula.
- Índice Cortical 2 Inferior medial: razón entre el grosor cortical inferior a nivel de la mitad de la clavícula y la longitud total de la clavícula.
- Índice Cortical 2 Total esternal: razón entre el grosor cortical total a nivel de la mitad esternal y la longitud total de la clavícula.
- Índice Cortical 2 Superior esternal: razón entre el grosor cortical superior a nivel de la mitad esternal y la longitud total de la clavícula.
- Índice Cortical 2 Inferior esternal: razón entre el grosor cortical inferior a nivel de la mitad esternal y la longitud total de la clavícula.

Tratándose de variables continuas, estos índices han sido analizados estadísticamente en un primer paso mediante diagramas de dispersión en relación con la edad. Se ha obtenido, además, el índice de correlación de Perason para cada medida con el fin de valorar su grado genérico de relación con la edad de los sujetos de la muestra. Finalmente, se han elaborado tablas estadísticas con medidas generales de media aritmética, desviación standard, máximo, mínimo y mediana, así como diagramas de cajas (box-plot) para valorar la distribución de cada índice en relación con los grupos de edad definidos.

El análisis de cada índice se ha realizado tanto sobre la totalidad de la muestra como sobre cada uno de los sexos en relación con la edad.

El análisis gráfico de cada imagen para obtener los citados índices se ha realizado utilizando las funciones del programa Image J. En un primer paso, se identificaba mediante la herramienta de identificación de coordenadas de píxeles la posición de los puntos correspondientes a los dos extremos de la clavícula: mitad de la porción extrema acromial y esternal. Los datos de posición se incluían en una hoja de cálculo Excel diseñada a tal efecto y que definía automáticamente la localización en el eje X de los tres puntos donde se realizarían las medidas de grosor cortical: mitad de la clavícula, mitad de la porción esternal y mitad de la porción acromial. En cada uno de los tres puntos del eje X definidos se localizaba el punto de inicio de la superficie cortical interna y externa en la porción superior e inferior de la clavícula. Identificados los valores en el eje Y de estos nuevos puntos, se incluían en la misma hoja de cálculo Excel, que automáticamente proveía los índices de estudio.

Otras funciones del mismo programa, como la modificación de propiedades de brillo y contraste o de escala de grises visible, han sido utilizados para buscar una mejor definición de los contornos corticales que se pretendía identificar.

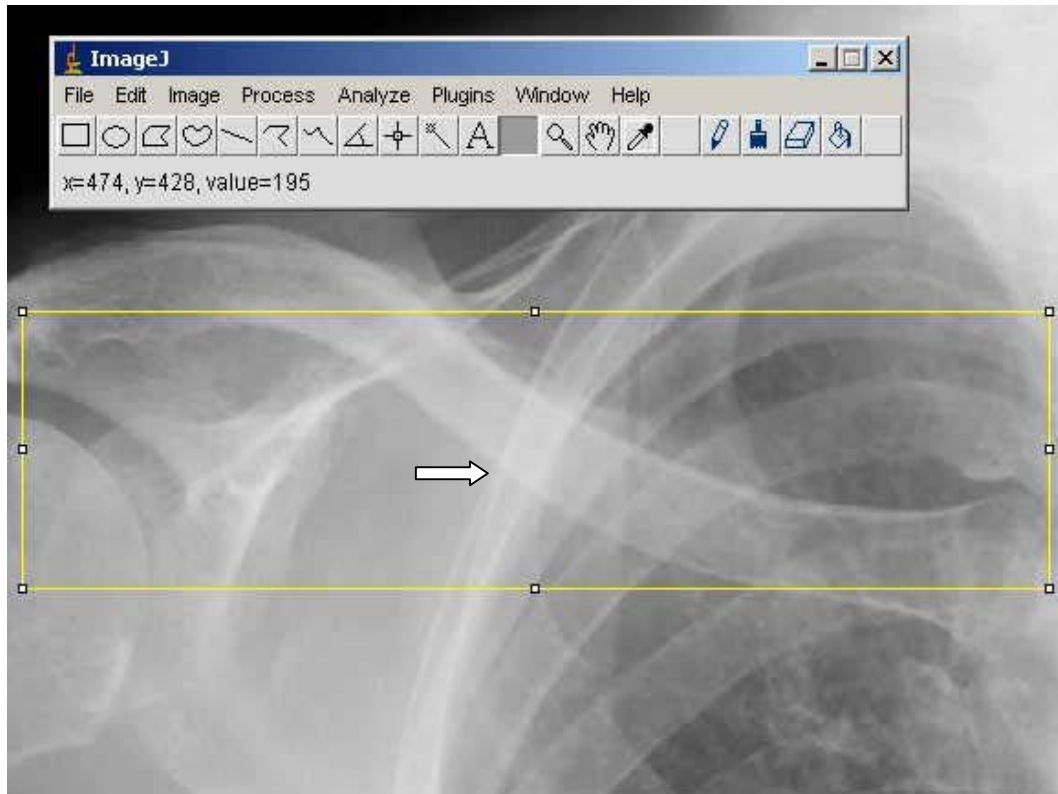


Imagen 13. Captura de imagen del aspecto de la pantalla del programa Image-J. En la misma se aprecia como cada píxel o punto de la imagen señalado por el cursor se identifica mediante su posición relativa en los ejes X e Y de la misma y por la densidad relativa de gris. La escala de grises en una imagen de 8 bits es de 256 niveles entre el negro absoluto y el blanco.

7.4. Análisis de Correlación Intraobservador para las pruebas realizadas:

Con el fin de valorar la precisión del método de estudio se ha procedido a una reevaluación cuatro semanas después de haber terminado la primera evaluación de las radiografías de digitales. La reevaluación se ha realizado sobre una total de 10 hemirradiografías de tórax postero-anteriores y en ellas se evaluaron los siguientes parámetros:

- índices corticales claviculares de tipo 1 total, superior e inferior mediante la misma sistemática ya aplicada en la primera evaluación. Los valores en el eje X se han fijado constantes entre ambas mediciones, tomando como referencia de su posición en la mitad de la longitud clavicular las medidas de longitud definidas en la primera evaluación de radiografías.
- estadiaje de osificación de la primera costilla según el sistema gráfico de Barchilon y Michelson.
- estadiaje de la fusión de la epífisis proximal de la clavícula según el sistema de estadios de Schmeling.
- presencia de datos de degeneración articular en la articulación acromio-clavicular con especial énfasis en los datos de disminución del espacio articular y esclerosis subcondral.
- Presencia de anomalías en la unión acromio-clavicular, en particular presencia del tubérculo conoide.

La correlación intraobservador de los parámetros cuantitativos del test ha sido evaluada y cuantificada mediante el coeficiente de correlación intraclass (ICC), que permite la cuantificación del grado de acuerdo entre dos mediciones repetidas de valores cuantitativos. Para valorar este índice se han considerado los siguientes valores de referencia:

- ICC <0,4: baja correlación
- ICC 0,4 – 0,75: correlación regular a buena
- ICC >0,75: correlación excelente

La correlación intraobservador de los parámetros cualitativos del test ha sido evaluada mediante la realización de tablas de contingencia (crosstabs) y se ha cuantificado mediante el coeficiente Kappa de Cohen. Para su evaluación se han seguido las recomendaciones de Lanis y Koch que proponen los siguientes márgenes para valorar el acuerdo del coeficiente kappa:

- <0: sin acuerdo
- 0 – 0,2: acuerdo insignificante
- 0,2 – 0,4 : acuerdo bajo
- 0,4 – 0,6: acuerdo moderado
- 0,6 – 0,8: acuerdo bueno
- 0,8 – 1: acuerdo muy bueno

Mediante esta comparación selectiva de parámetros se ha pretendido evaluar de forma diferenciada la consistencia de resultados del test para distintos aspectos del mismo:

- Consistencia de los resultados obtenidos de las mediciones basadas en la localización precisa de puntos correspondientes a límites de contornos óseos en la radiografías digitales mediante programas de manipulación de imagen digital
- Consistencia de las estimaciones basadas en el uso de programas de tratamiento de imagen digital para la identificación de la morfología general de los contornos óseos en radiografías digitales.

Capítulo 8:

ESTUDIO SOBRE UNA MUESTRA DE RADIOGRAFÍAS DIGITALES.

RESULTADOS

Resultados

- 8.1. Fusión de las Astas Mayores del Hioides con el Cuerpo del Hioides en Ortopantomografías dentales digitales
- 8.2. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula en radiografías de tórax postero-antérieures digitales
- 8.3. Osificación del cartilago costal de la primera costilla en radiografías de tórax postero-antérieures digitales
- 8.4. Parámetros de degeneración articular en articulaciones acromio y esternoclaviculares en radiografías de tórax postero-antérieures digitales
- 8.5. Presencia de alteraciones morfológicas en las uniones costo-clavicular y coracoclavicular en radiografías de tórax postero-antérieures digitales
- 8.6. Medidas de índices claviculares en radiografías de tórax postero-antérieures digitales
- 8.7. Resultados para pruebas de correlación intraobservador en la reevaluación de radiografías

8. RESULTADOS:

8.1. Fusión de las Astas Mayores del Hioides con el Cuerpo del Hioides en Ortodontomografías dentales digitales

Fusión Asta Mayor Derecha. Medidas de edad. Ambos sexos.

FUSION ASTA MAYOR DCHA	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
No Fusión	33,58	36	14,714	9	61	30,77
Fusión Parcial	42,18	19	11,233	23	61	41,85
Fus. Completa	44,99	197	12,877	17	77	45,78
Perdidos	43,69	490	15,133	12	76	44,82
Total	43,50	742	14,619	9	77	44,27

Tabla 10. Medidas estadísticas de fusión, fusión parcial y no fusión del asta mayor derecha en ambos sexos

Fusión Asta Mayor Izquierda. Medidas de edad. Ambos sexos

FUSION ASTA MAYOR IZDA	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
No Fusión	33,18	51	13,579	9	61	31,90
Fusión Parcial	43,47	8	11,956	27	56	46,40
Fus. Completa	45,34	234	13,126	17	77	45,54
Perdidos	43,72	449	15,070	12	76	45,53
Total	43,50	742	14,619	9	77	44,27

Tabla 11. Medidas estadísticas de fusión, fusión parcial y no fusión del asta mayor izquierda en ambos sexos

Fusión Asta Mayor Derecha. Medidas de edad. Hombres

FUSION ASTA MAYOR DCHA	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
No Fusión	35,30	11	17,910	9	61	38,89
Fusión Parcial	52,68	4	10,299	38	61	56,11
Fus. Completa	44,38	80	14,739	21	77	43,49
Perdidos	43,02	229	15,182	12	76	43,63
Total	43,21	324	15,177	9	77	43,47

Tabla 12. Medidas estadísticas de fusión, fusión parcial y no fusión del asta mayor derecha en sexo masculino

Fusión Asta Mayor Izquierda. Medidas de edad. Hombres

FUSION ASTA MAYOR IZDA	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
No Fusión	34,81	15	16,717	9	61	38,62
Fusión Parcial	41,36	2	20,061	27	56	41,36
Fus. Completa	45,86	103	14,258	21	77	43,82
Perdidos	42,51	204	15,292	12	76	43,68
Total	43,21	324	15,177	9	77	43,47

Tabla 13. Medidas estadísticas de fusión, fusión parcial y no fusión del asta mayor izquierda en sexo masculino

Fusión Asta Mayor derecha. Medidas de edad. Mujeres

FUSION ASTA MAYOR DCHA	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
No Fusión	32,83	25	13,422	14	57	30,08
Fusión Parcial	39,38	15	9,978	23	52	40,92
Fus. Completa	45,40	117	11,480	17	73	46,30
Perdidos	44,28	261	15,094	14	74	45,61
Total	43,73	418	14,185	14	74	45,26

Tabla 14. Medidas estadísticas de fusión, fusión parcial y no fusión del asta mayor derecha en sexo femenino

Fusión Asta Mayor izquierda. Medidas de edad. Mujeres

FUSION ASTA MAYOR IZDA	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
No Fusión	32,51	36	12,248	14	57	31,68
Fusión Parcial	44,17	6	10,829	28	55	46,40
Fus. Completa	44,94	131	12,204	17	73	45,86
Perdidos	44,73	245	14,840	14	74	46,62
Total	43,73	418	14,185	14	74	45,26

Tabla 15. Medidas estadísticas de fusión, fusión parcial y no fusión del asta mayor izquierda en sexo femenino

FUSION LATERALIDAD	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
No fusión bilateral	32,79	27	14,653	9	61	31,46
Fusión bilateral	45,15	170	13,103	17	77	45,85
Fusión unilateral derecha	40,81	4	10,339	27	52	41,97
Fusión unilateral izquierda	21,38	1	.	21	21	21,38

Tabla 16. Distribución de resultados de la fusión según lateralidad en ambos sexos. Se incluyen sólo los casos de fusión completa.

FUSION LATERALIDAD	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
No fusión bilateral	37,11	10	17,783	9	61	39,18
Fusión bilateral	44,57	72	14,990	21	77	43,49
Fusión unilateral derecha	51,97	1	.	52	52	51,97
Fusión unilateral izquierda	.	.	.	.	.	.

Tabla 17. Distribución de resultados de la fusión según lateralidad en Hombres. Se incluyen sólo los casos de fusión completa.

FUSION LATERALIDAD	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
No fusión bilateral	30,25	17	12,349	14	49	24,09
Fusión bilateral	45,58	98	11,586	17	73	46,59
Fusión unilateral derecha	37,09	3	8,791	27	44	39,56
Fusión unilateral izquierda	21,38	1	.	21	21	21,38

Tabla 18. Distribución de resultados de la fusión según lateralidad en Mujeres. Se incluyen sólo los casos de fusión completa.

Fusión Asta Mayor Derecha. Ambos sexos.

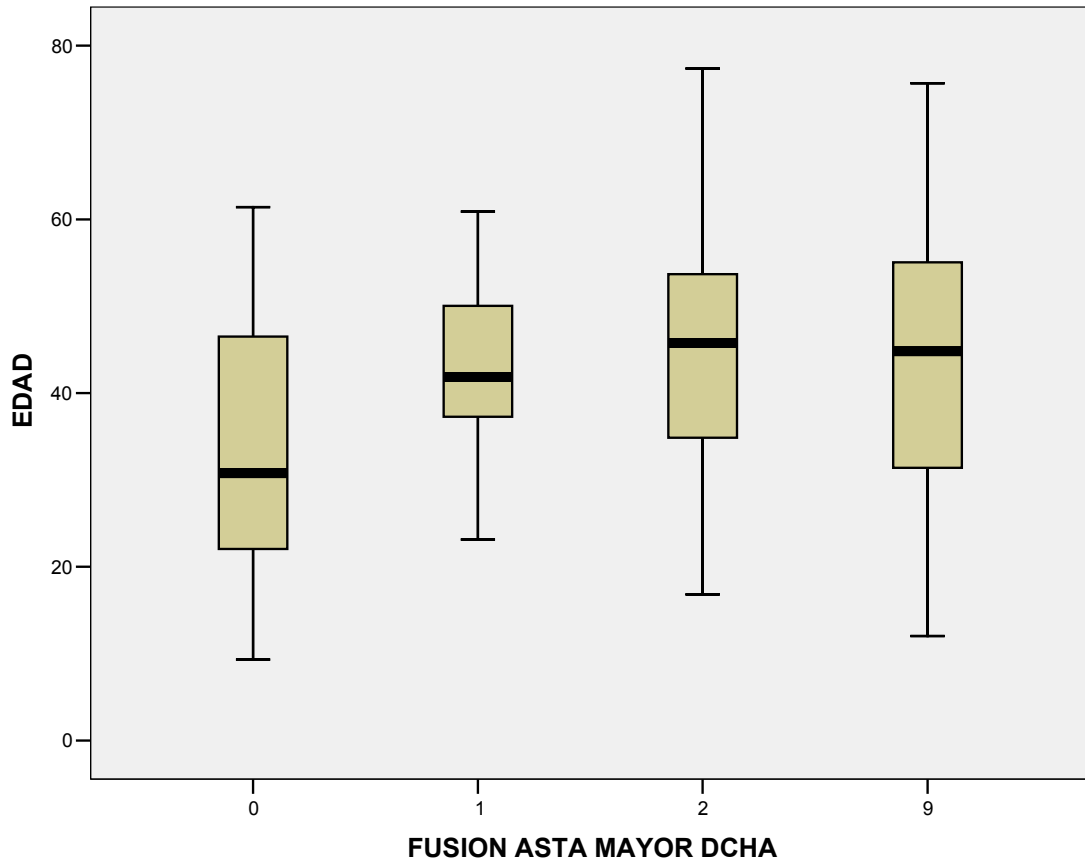


Gráfico 3. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión, fusión parcial y no fusión en asta mayor derecha para ambos sexos (mediana, distancia intercuartil y rangos extremos).

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

Fusión Asta Mayor Izquierda. Ambos sexos

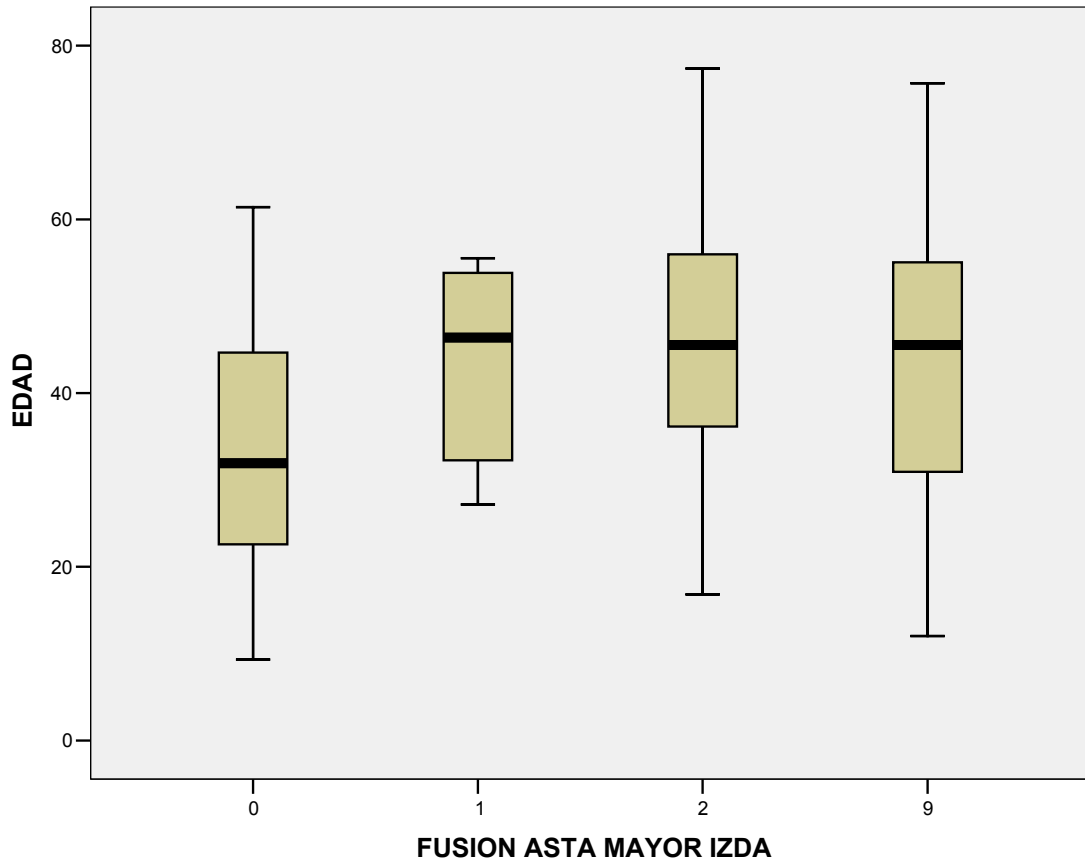


Gráfico 4. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión, fusión parcial y no fusión en asta mayor izquierda para ambos sexos (mediana, distancia intercuartil y rangos extremos).

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

Fusión Asta Mayor Derecha. Hombres

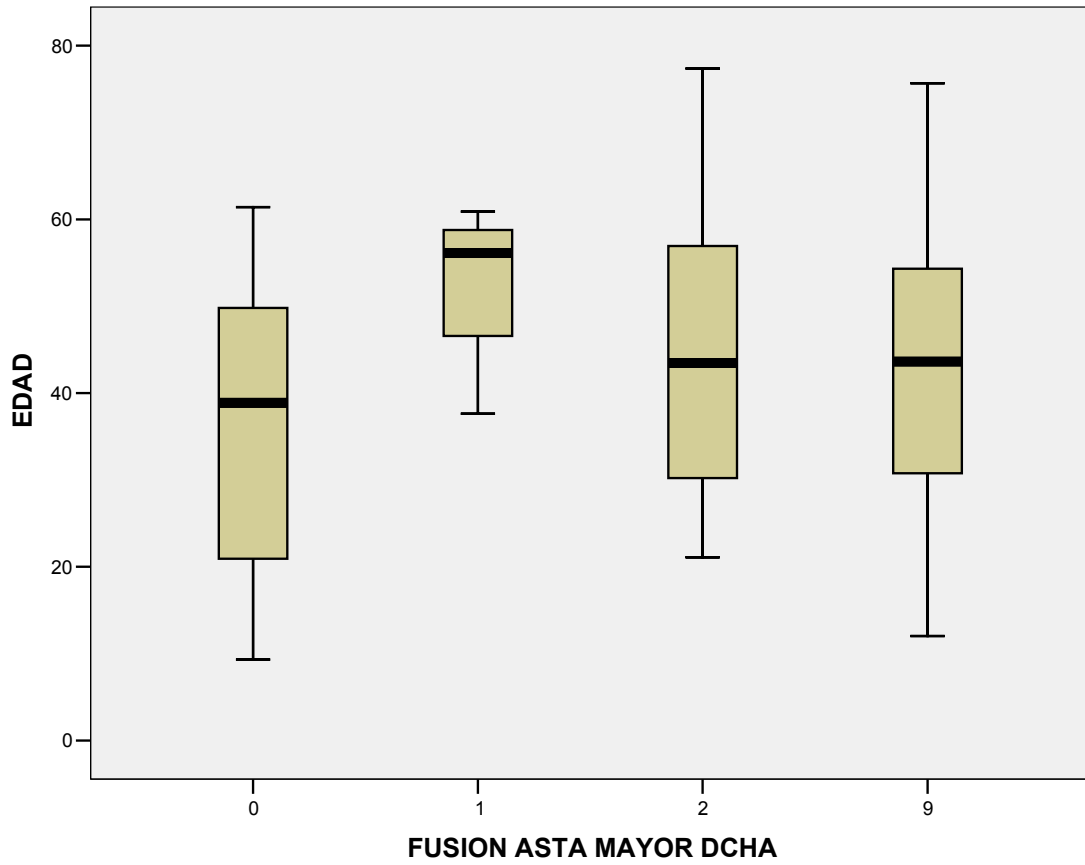


Gráfico 5. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión, fusión parcial y no fusión en asta mayor derecha para sexo masculino (mediana, distancia intercuartil y rangos extremos).

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

Fusión Asta Mayor izquierda. Hombres

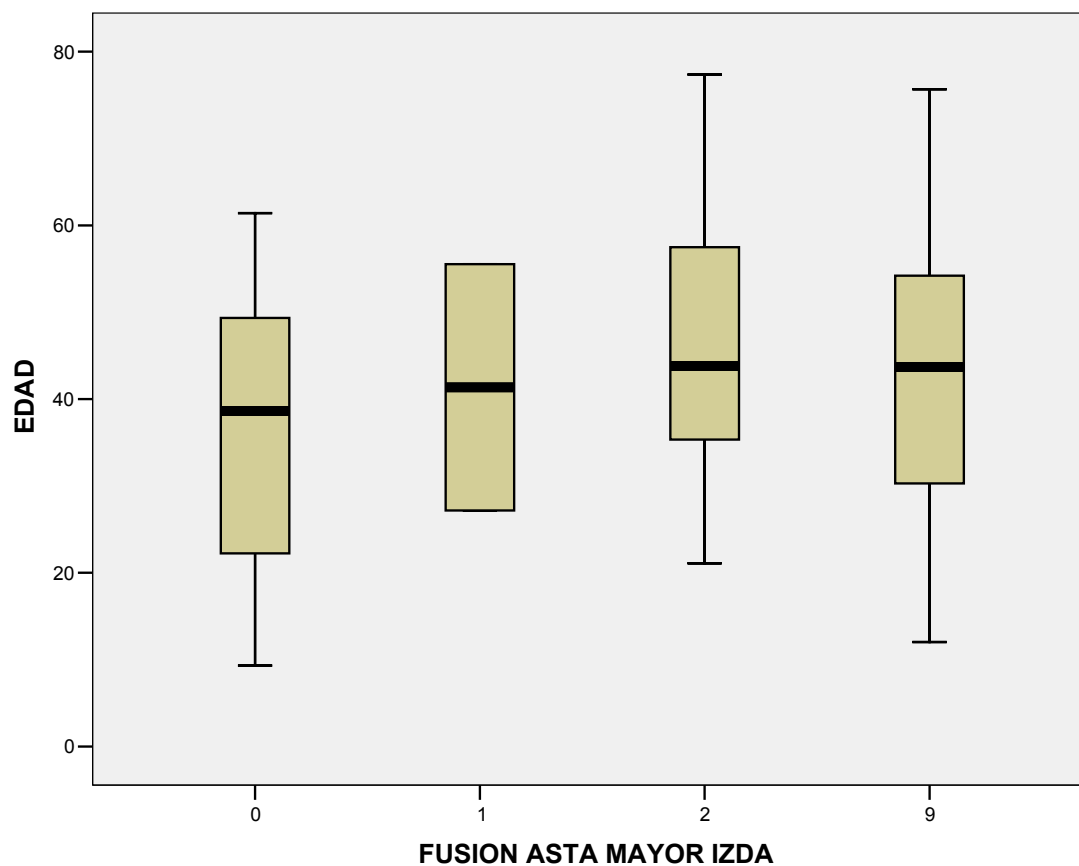


Gráfico 6. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión, fusión parcial y no fusión en asta mayor izquierda para sexo masculino (mediana, distancia intercuartil y rangos extremos).

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

Fusión Asta Mayor Derecha en Mujeres

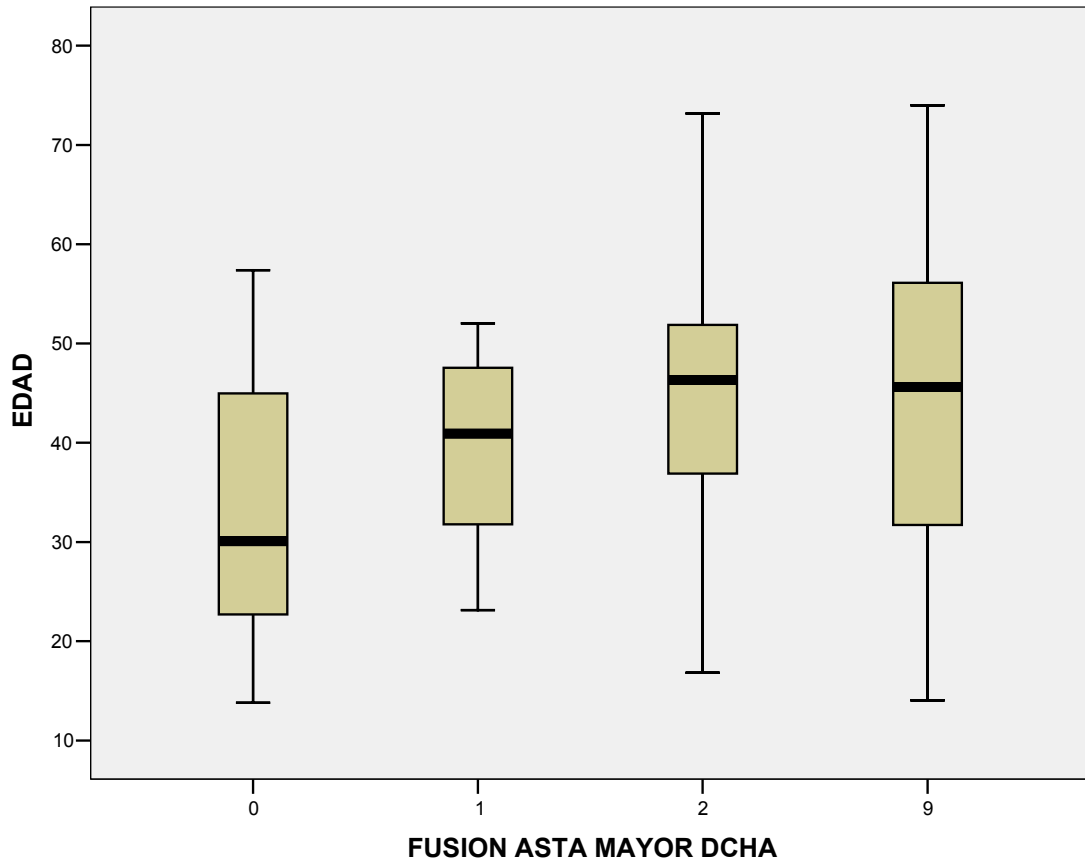


Gráfico 7. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión, fusión parcial y no fusión en asta mayor derecha para sexo femenino (mediana, distancia intercuartil y rangos extremos).

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

Fusión Asta Mayor Izquierda. Mujeres

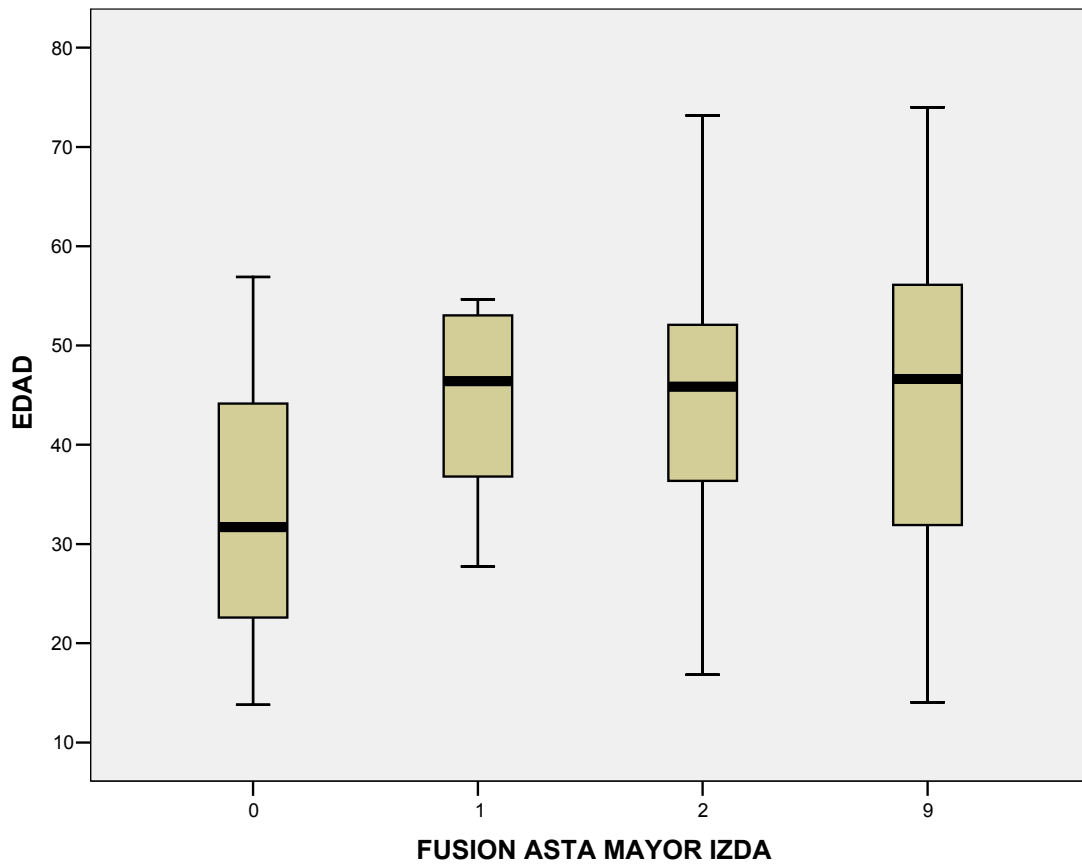


Gráfico 8. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión, fusión parcial y no fusión en asta mayor izquierda para sexo femenino (mediana, distancia intercuartil y rangos extremos).

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

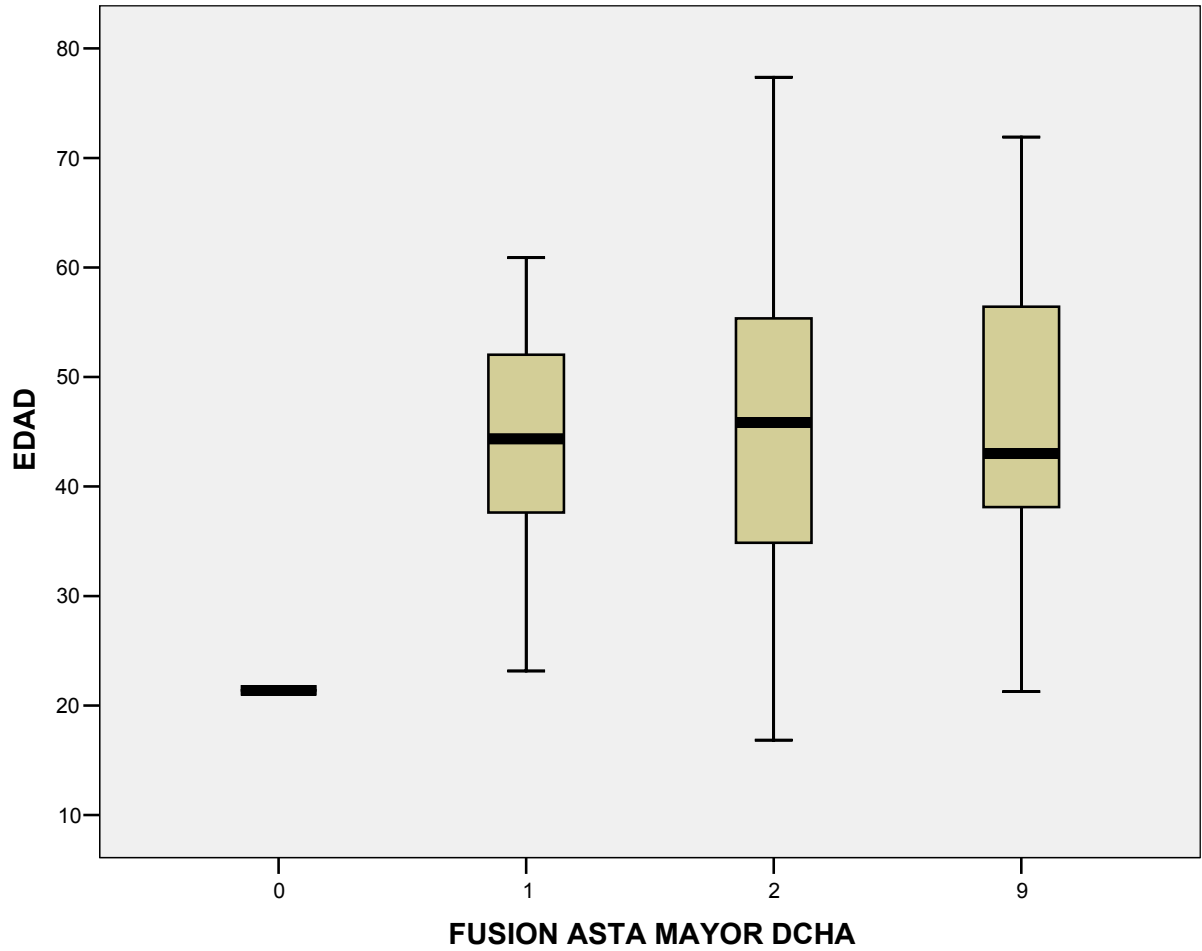


Gráfico 9. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión asta mayor derecha estando el asta mayor izquierda fusionada. Ambos sexos.

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

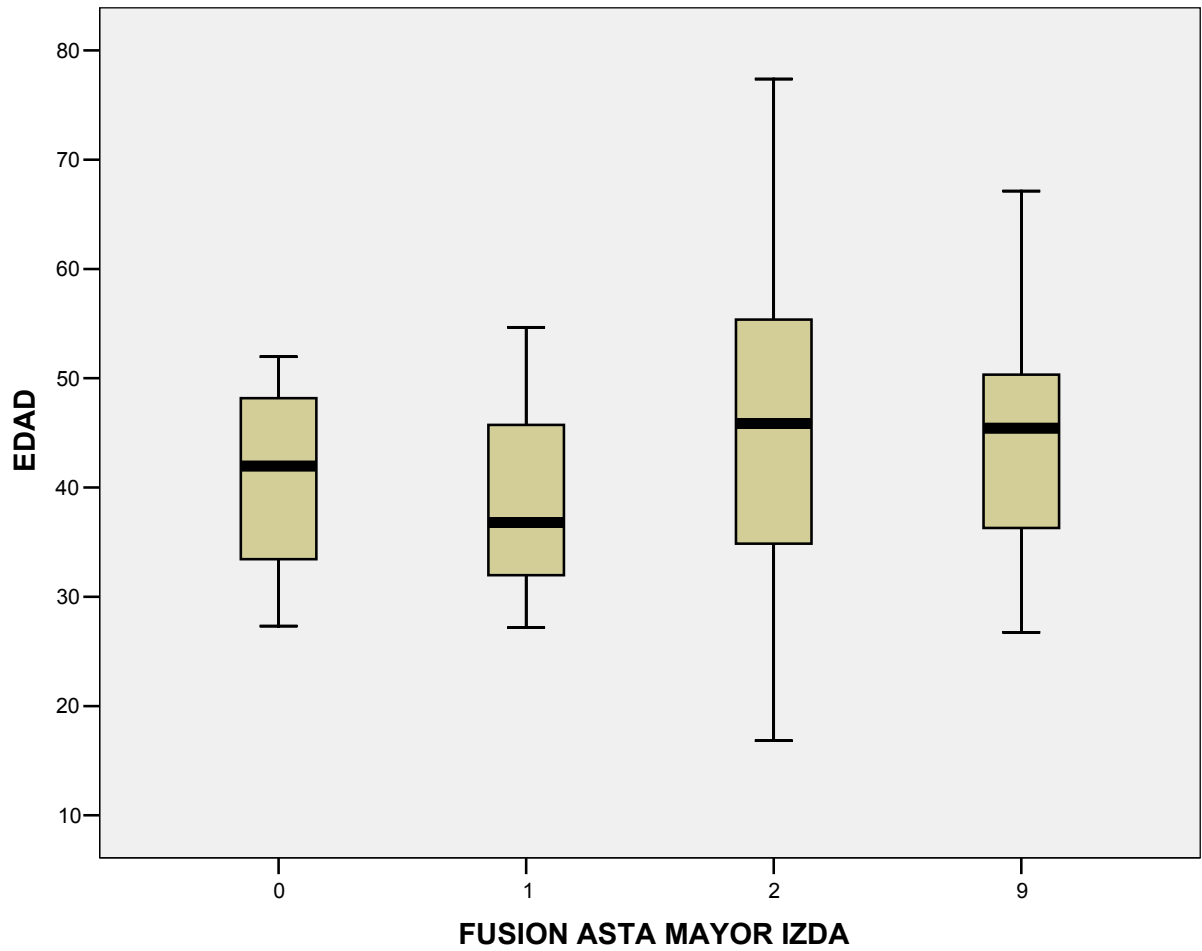


Gráfico 10. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión asta mayor izquierda estando el asta mayor derecha fusionada. Ambos sexos.

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

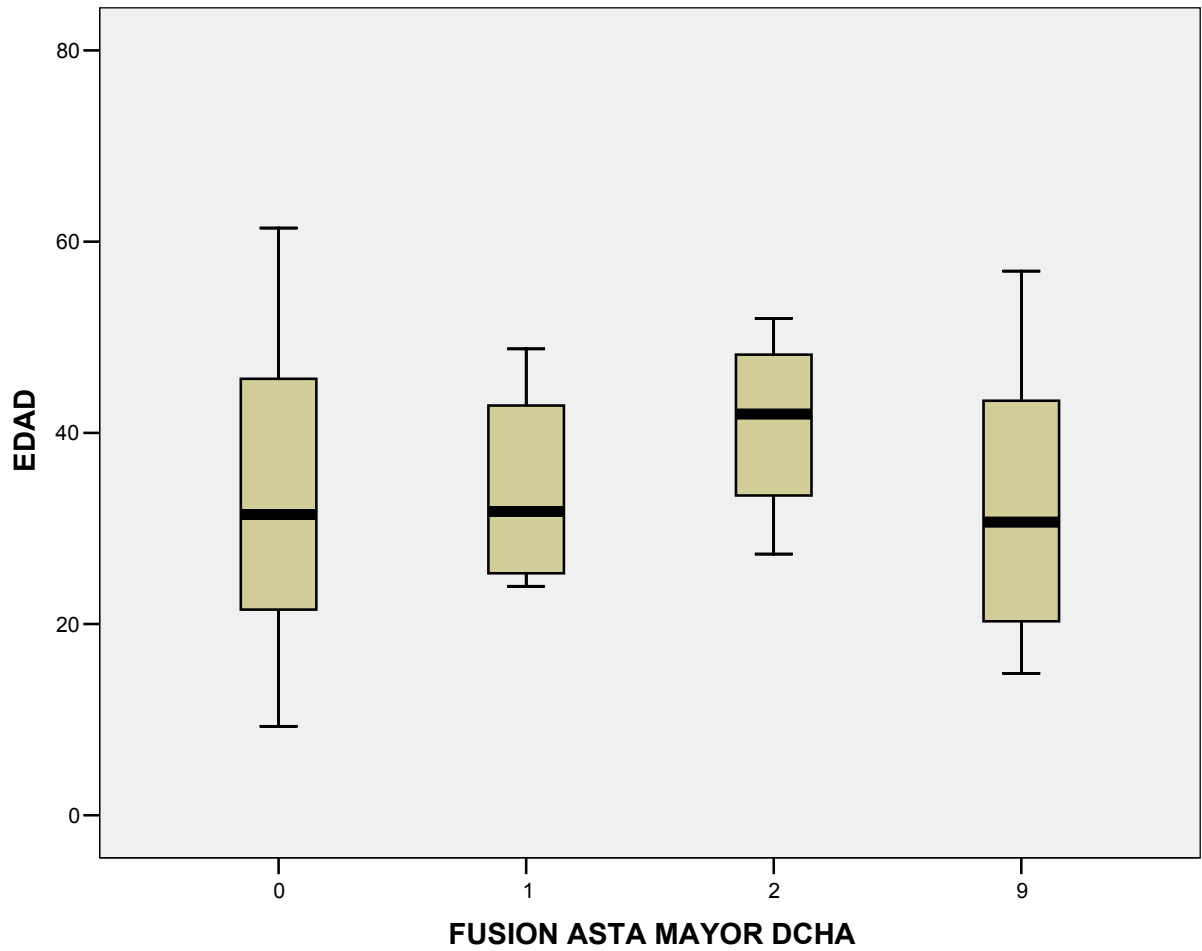


Gráfico 11. Diagrama de cajas de distribución de resultados de fusión asta mayor derecha estando el asta mayor izquierda no fusionada. Ambos sexos.

Valores de Fusión:

0 = No fusión; 1 = Fusión parcial; 2 = Fusión completa; 9 = Distorsionado o no visible

8.2. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula en radiografías de tórax postero-antérieures digitales

EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	10,041879	7	3,6078519	5,3479	15,4603	10,605479
1	17,682877	8	,9976599	15,4603	18,5233	17,641096
3	22,903653	12	7,4519458	17,8247	45,6110	20,090411
4	26,637182	7	5,1309273	19,7205	32,9890	26,882192
5	49,339484	204	15,2809660	20,6000	75,4110	50,339726
Perdidos	30,245890	8	12,3914303	17,8247	48,6712	26,202740
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 19. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula. Muestra de ambos sexos.

EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	10,605479	2	,0000000	10,6055	10,6055	10,605479
1	17,791233	5	,3728364	17,6082	18,4575	17,641096
3	19,841096	4	,2878842	19,5918	20,0904	19,841096
4	24,096438	5	3,3537058	19,7205	28,0164	22,931507
5	49,084658	100	15,3519914	20,6000	75,4110	50,239726
Perdidos	32,870320	6	13,1769656	18,4575	48,6712	33,964384
Total	44,390995	122	17,6131134	10,6055	75,4110	44,052055

Tabla 20. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula. Muestra de hombres.

EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	9,816438	5	4,3934657	5,3479	15,4603	11,463014
1	17,502283	3	1,7684318	15,4603	18,5233	18,523288
3	24,434932	8	8,8988145	17,8247	45,6110	21,986301
4	32,989041	2	,0000000	32,9890	32,9890	32,989041
5	49,584510	104	15,2826732	21,0740	75,1205	50,656164
Perdidos	22,372603	2	6,4317658	17,8247	26,9205	22,372603
Total	44,875652	124	18,0499445	5,3479	75,1205	45,517808

Tabla 21. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula. Muestra de mujeres.

EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	10,719178	4	4,1591005	5,3479	15,4603	11,034247
1	18,057534	4	,5007432	17,6082	18,5233	18,049315
3	21,140822	5	2,1895430	19,4274	24,6082	20,090411
4	25,914384	4	5,8232456	19,7205	32,9890	25,473973
5	48,825369	104	15,5870627	20,6000	75,4110	49,141096
Perdidos	36,313242	3	16,3115277	17,8247	48,6712	42,443836
Total	44,445537	124	17,8858107	5,3479	75,4110	44,780822

Tabla 22. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula. Muestra de lado derecho.

EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	9,138813	3	3,3108683	5,3479	11,4630	10,605479
1	17,308219	4	1,3028302	15,4603	18,5233	17,624658
3	24,162818	7	9,7042407	17,8247	45,6110	20,090411
4	27,600913	3	5,0671411	22,9315	32,9890	26,882192
5	49,874164	100	15,0156516	20,6000	75,4110	51,557534
Perdidos	26,605479	5	9,5655595	18,4575	42,4438	25,484932
Total	44,828161	122	17,7837707	5,3479	75,4110	45,517808

Tabla 23. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula. Muestra de lado izquierdo.

Epíflisis Externa ambos sexos

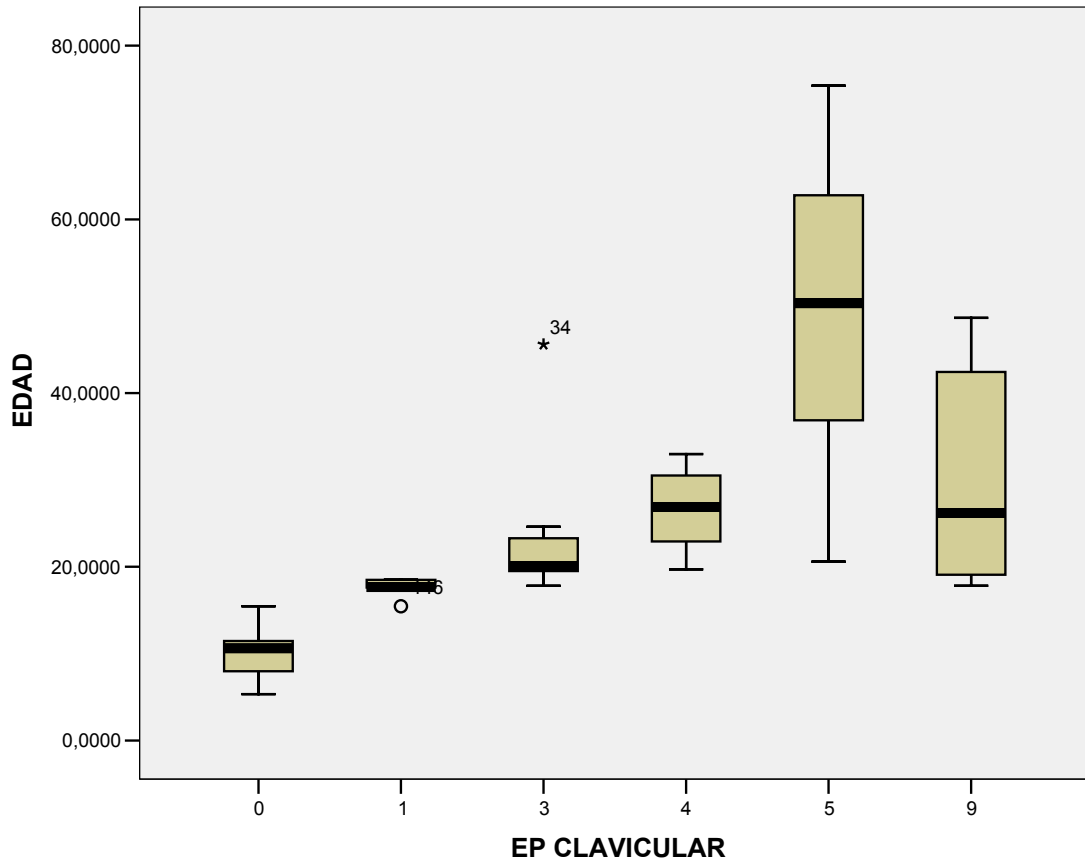


Gráfico 12. Diagrama de cajas. Distribución de la epíflisis externa según sistema de estadios de Schmelting en la muestra según la edad. Muestra ambos sexos.

Epifisis esternal en mujeres

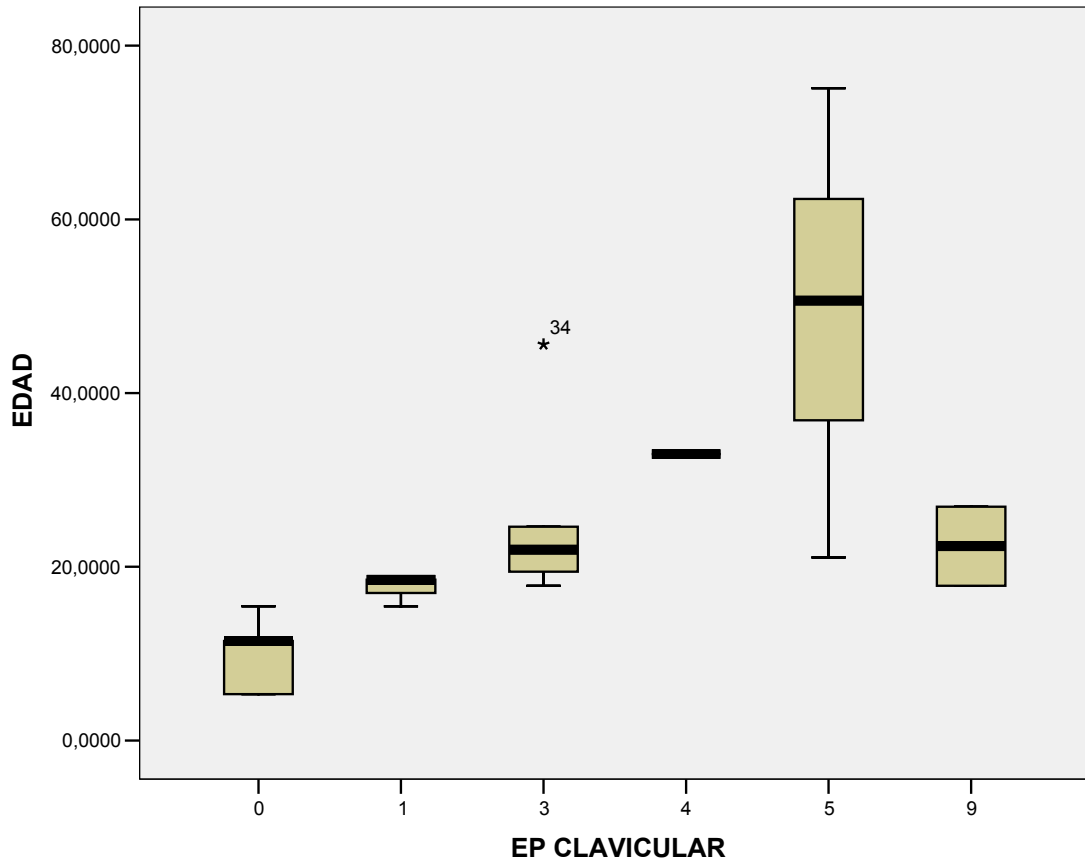


Gráfico 13. Diagrama de cajas. Distribución de la epifisis esternal según sistema de estadios de Schmelting en la muestra según la edad. Muestra de mujeres.

Epíffisis esternal en hombres

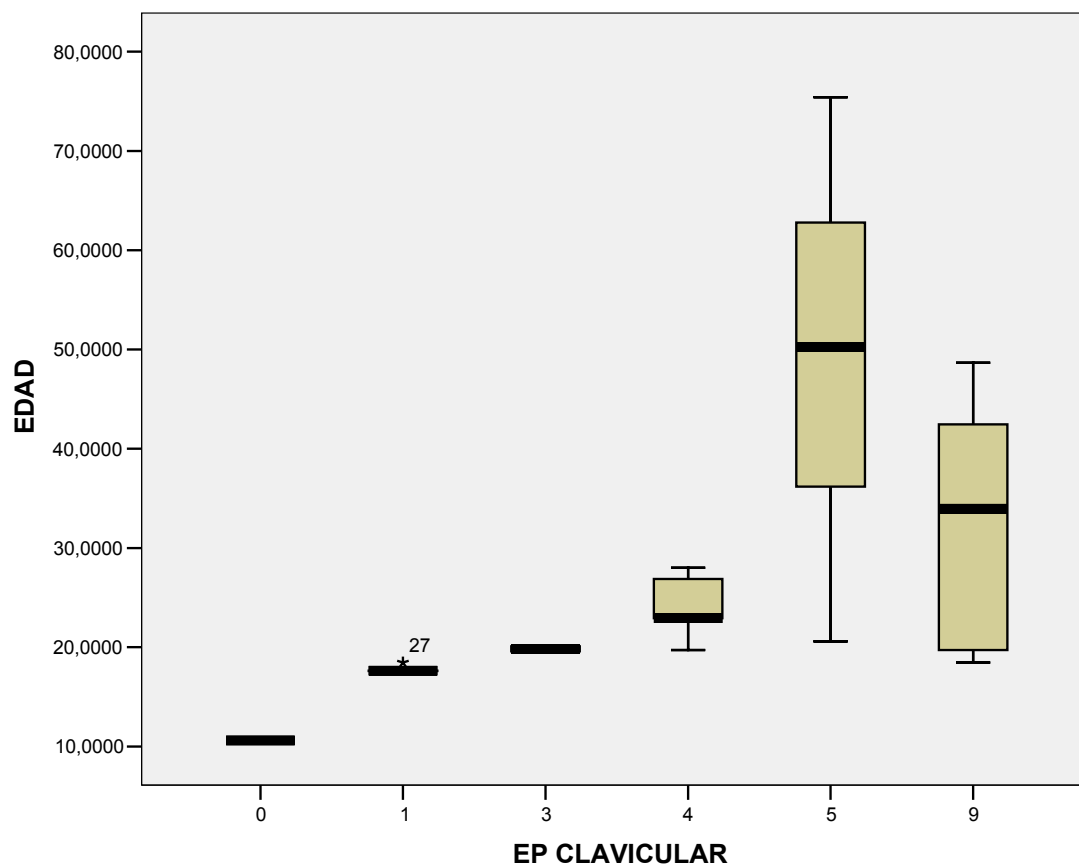


Gráfico 14. Diagrama de cajas. Distribución de la epíffisis esternal según sistema de estadios de Schmelting en la muestra según la edad. Muestra de hombres.

8.3. Osificación del cartilago costal de la primera costilla en radiografías de tórax postero-anteriores digitales

Osificación costilla 1ª. Ambos sexos

OSIFICACION COSTILLA 1	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	18,032877	21	9,3582139	5,3479	46,8274	17,641096
1	28,087513	52	9,2336348	17,6082	67,7233	26,882192
2	45,742180	48	11,5735603	24,8740	65,5918	46,454795
3	55,563332	125	13,0576578	25,4849	75,4110	57,276712
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 24. Distribución de resultados de edades en relación con el sistema de estadios de Barchilon para la primera costilla en ambos sexos

Osificación costilla 1ª. Hombres

OSIFICACION COSTILLA 1	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	21,658780	11	10,8681017	10,6055	46,8274	18,457534
1	26,550482	27	7,3709263	17,6082	51,4384	25,775342
2	39,820091	12	8,3100767	30,6658	52,0658	38,757534
3	55,315982	72	12,4816451	25,4849	75,4110	56,904110
Total	44,390995	122	17,6131134	10,6055	75,4110	44,052055

Tabla 25. Distribución de resultados de edades en relación con el sistema de estadios de Barchilon para la primera costilla en hombres

Osificación costilla 1ª. Mujeres

OSIFICACION COSTILLA 1	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	14,044384	10	5,4433175	5,3479	19,4274	15,460274
1	29,747507	25	10,8070002	17,8247	67,7233	27,071233
2	47,682636	37	11,7570961	24,8740	65,5918	48,345205
3	56,080611	52	13,9889111	28,1205	75,1205	58,900000
Total	44,875652	124	18,0499445	5,3479	75,1205	45,517808

Tabla 26. Distribución de resultados de edades en relación con el sistema de estadios de Barchilon para la primera costilla en mujeres

Osificación costilla 1ª. Lado derecho

OSIFICACION COSTILLA 1	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	14,948250	9	4,7817378	5,3479	19,4274	17,608219
1	29,016438	30	10,3728596	17,8247	67,7233	26,901370
2	46,728767	23	11,8539409	24,8740	65,5918	46,827397
3	55,346089	62	13,1161408	25,4849	75,4110	56,904110
Total	44,445537	124	17,8858107	5,3479	75,4110	44,780822

Tabla 27. Distribución de resultados de edades en relación con el sistema de estadios de Barchilon para la primera costilla en lado derecho

Osificación costilla 1ª. Lado izquierdo

OSIFICACION COSTILLA 1	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	20,346347	12	11,3567887	5,3479	46,8274	18,490411
1	26,820797	22	7,4539306	17,6082	51,4384	26,328767
2	44,897576	26	11,2494872	24,8740	65,0849	45,939726
3	55,927176	62	13,1538990	25,4849	75,4110	58,335616
Total	44,828161	122	17,7837707	5,3479	75,4110	45,517808

Tabla 28. Distribución de resultados de edades en relación con el sistema de estadios de Barchilon para la primera costilla en lado izquierdo

Correlación Costilla Primera	Coefficiente de correlación de Pearson	Significativo con dos colas
Edad	0,749	0,000 (<0,01)
Grupos de edad	0,732	0,000 (<0,01)
Hombres	0,774	0,000 (<0,01)
Mujeres	0,730	0,000 (<0,01)

Tabla 29. Coeficiente de correlación de Pearson entre medidas de estadiaje de primera costilla según estadios de Barchilon y la edad como variable continua y edad expresada como variable continua como grupos de edad.

		Costilla Primera				Total
		0	1	2	3	
Grupos edad	0-20	17	7	0	0	24
	20-30	2	30	4	4	40
	30-40	1	12	11	16	40
	40-50	1	0	15	24	40
	50-60	0	2	11	27	40
	60-70	0	1	7	32	40
	70-...	0	0	0	22	22
Total		21	52	48	125	246

Tabla 30. Tabla de contingencia entre edad estimada por grupos de edad y estadios de evolución de osificación del cartilago costal de la primera costilla según el sistema de estadios de Barchilon.

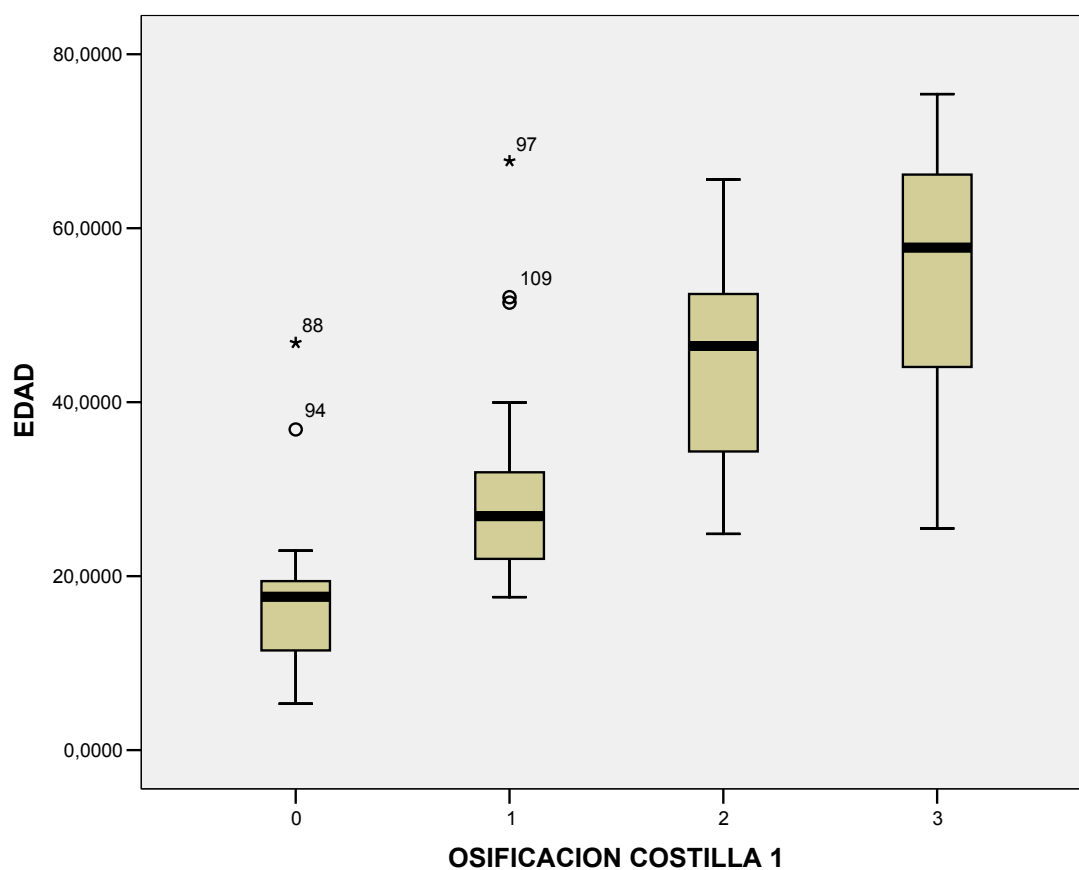


Gráfico 15. Diagrama de cajas para osificación de primera costilla en ambos sexos (Estadios de Barchilon)

Osificación costilla 1ª. Hombres

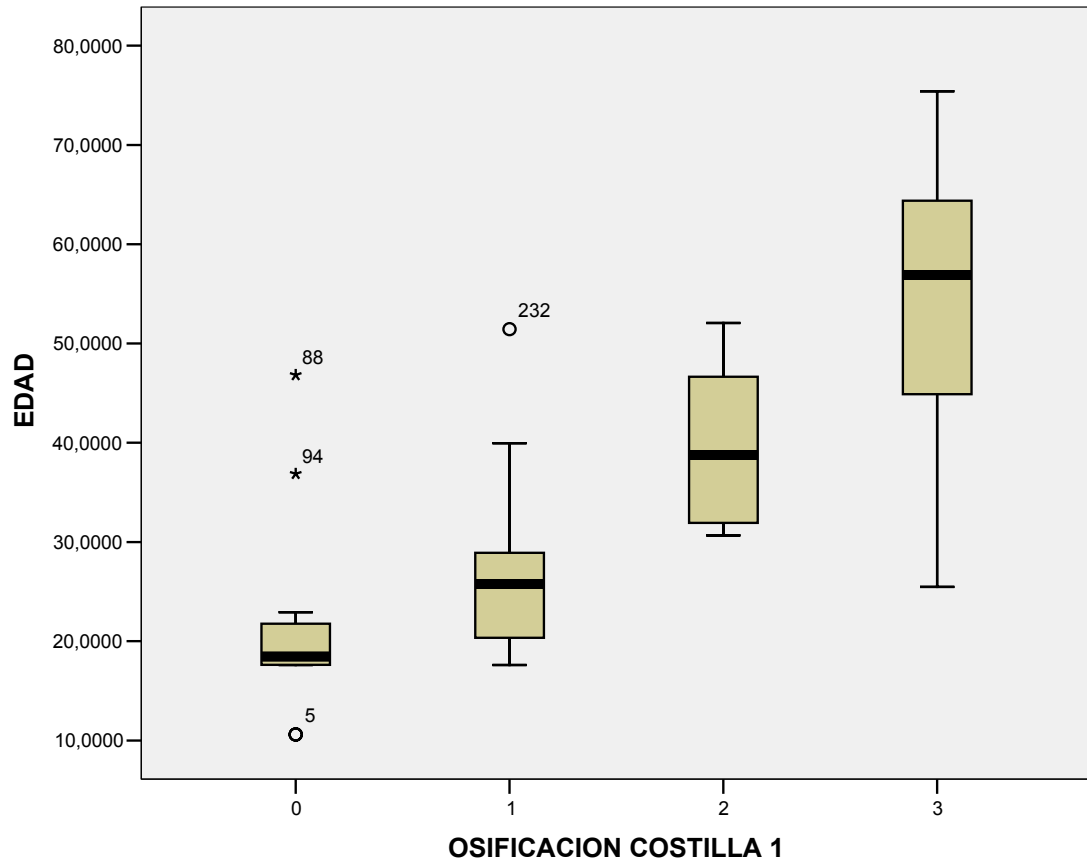


Gráfico 16. Diagrama de cajas para osificación de primera costilla en hombres (Estadios de Barchilon)

Osificación costilla 1ª. Mujeres

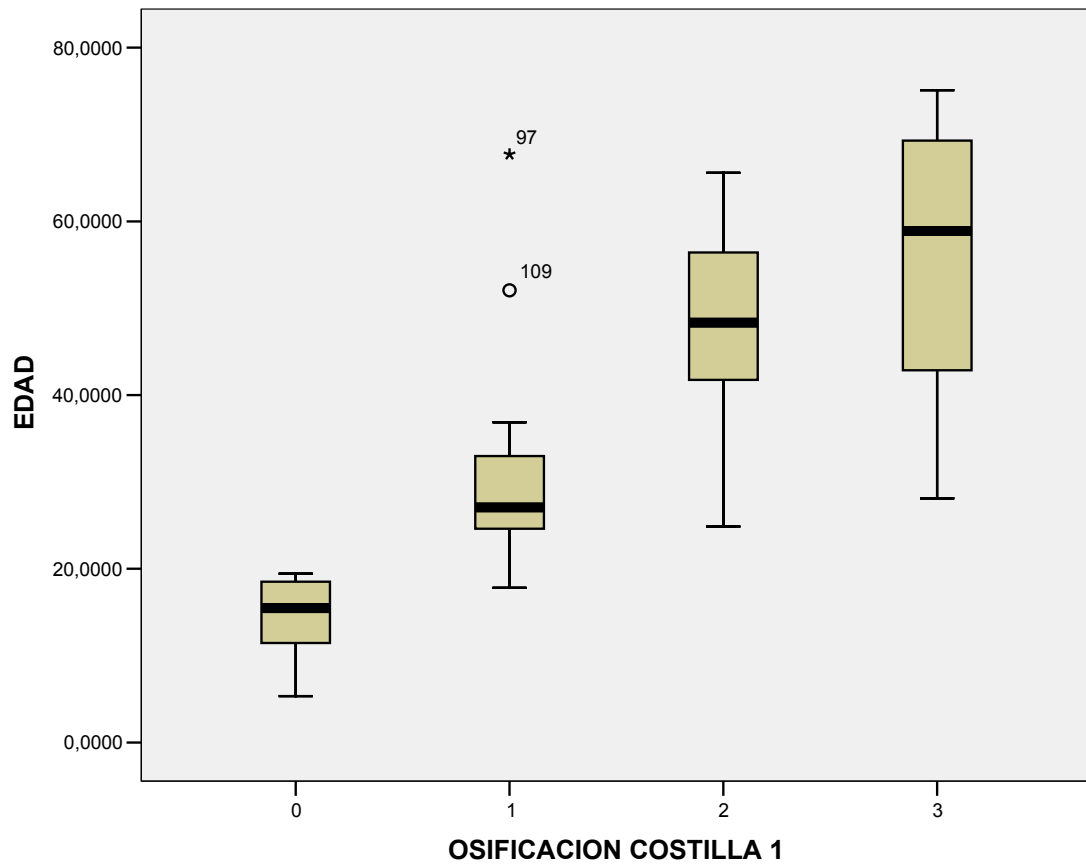


Gráfico 17. Diagrama de cajas para osificación de primera costilla en mujeres (Estudios de Barchilon)

Osificación costilla 1ª. Lado derecho

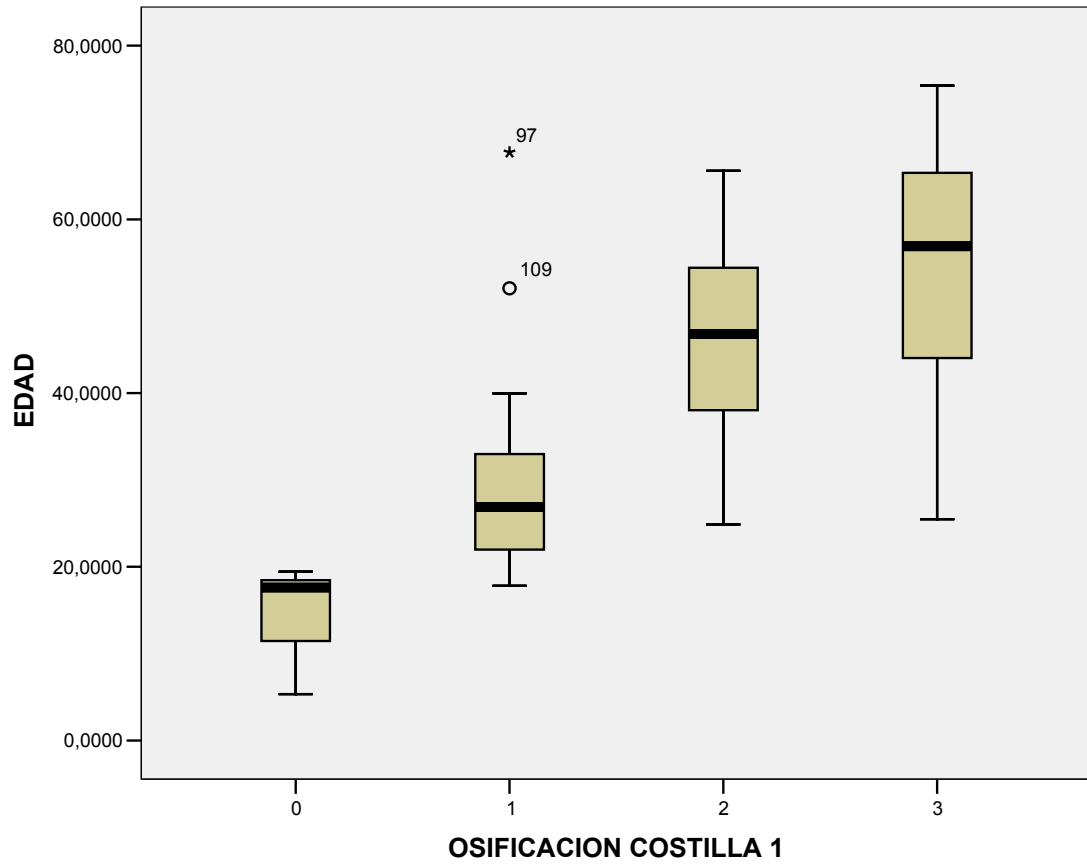


Gráfico 18. Diagrama de cajas para osificación de primera costilla en lado derecho (Estadios de Barchilon)

Osificación costilla 1ª. Lado izquierdo

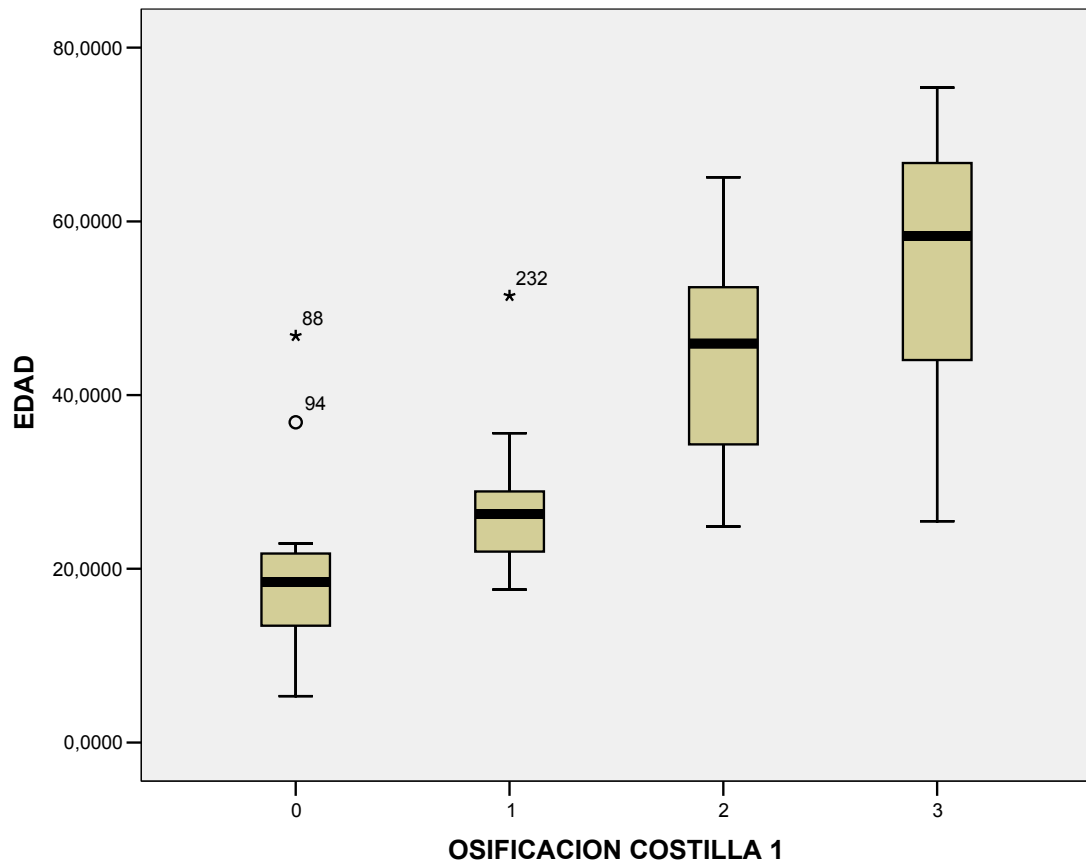


Gráfico 19. Diagrama de cajas para osificación de primera costilla en lado izquierdo (Estadios de Barchilon)

8.4. Parámetros de degeneración articular en articulaciones acromio y esternoclaviculares en radiografías de tórax postero-anteriores digitales

EC Espacio Articular

EC Espacio Articular	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	29,283271	33	14,2773642	5,3479	57,2767	24,873973
1	56,306849	9	9,0689867	43,9890	66,9781	62,783562
9	46,603787	204	17,2848741	11,4630	75,4110	46,650685
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 31. Resultados para estrechamiento del Espacio Articular en Articulación Esterno – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

EC Osteofitos

EC Osteofitos	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	44,202297	235	17,9352131	5,3479	75,4110	44,052055
1	56,558904	6	10,9982475	46,4740	70,2740	51,830137
9	50,677808	5	12,9331055	39,0110	64,4466	46,473973
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 32. Resultados para presencia de Osteofitos en Articulación Esterno – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

EC Esclerosis

EC Esclerosis	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	28,404697	98	11,3365729	5,3479	55,7260	26,882192
1	55,547083	143	12,2944847	29,5973	75,4110	57,068493
9	50,677808	5	12,9331055	39,0110	64,4466	46,473973
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 33. Resultados para presencia de Esclerosis subcondral en Articulación Esterno – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

EC Quistes subcondrales

EC Quistes subcondrales	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	44,509930	241	17,8849717	5,3479	75,4110	45,424658
9	50,677808	5	12,9331055	39,0110	64,4466	46,473973
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 34. Resultados para presencia de Quistes subcondrales en Articulación Esterno – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

EC Deformidad

EC Deformidad	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	44,357013	239	17,8810132	5,3479	75,4110	44,136986
1	62,783562	2	,0000000	62,7836	62,7836	62,783562
9	50,677808	5	12,9331055	39,0110	64,4466	46,473973
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 35. Resultados para Deformidad de carillas articulares en Articulación Esterno – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

EC Calcificación discal

EC Calcificación discal	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	44,509930	241	17,8849717	5,3479	75,4110	45,424658
9	50,677808	5	12,9331055	39,0110	64,4466	46,473973
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 36. Resultados para presencia de Calcificación del disco articular en Articulación Esterno – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

EC Subluxación

EC Subluxación	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	44,518046	242	17,8482739	5,3479	75,4110	45,424658
9	51,728767	4	14,6852600	39,0110	64,4466	51,728767
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 37. Resultados para datos de Subluxación en Articulación Esterno – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

AC Espacio

AC Espacio	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	27,617968	77	11,1084151	5,3479	55,7260	25,775342
1	54,015810	157	12,9174722	28,0164	75,4110	54,989041
9	31,101370	12	18,8409331	17,6411	68,3260	21,517808
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 38. Resultados para estrechamiento del Espacio Articular en Articulación Acromio – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

AC Osteofitos

AC Osteofitos	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	43,787920	215	17,3586183	5,3479	75,4110	42,865753
1	61,414110	20	8,3837407	43,1890	71,1205	60,613699
9	30,690660	11	19,7041170	17,6411	68,3260	19,720548
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 39. Resultados para presencia de Osteofitos en Articulación Acromio – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

AC Esclerosis

AC Esclerosis	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	37,015637	147	15,2079936	5,3479	72,2219	35,487671
1	59,106663	88	11,1789030	34,3260	75,4110	60,660274
9	30,690660	11	19,7041170	17,6411	68,3260	19,720548
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 40. Resultados para presencia de Esclerosis subcondral en Articulación Acromio – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

AC Quistes subcondrales

AC Quistes subcondrales	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	44,768926	231	17,1750737	5,3479	74,9534	45,610959
1	75,265753	4	,1676688	75,1205	75,4110	75,265753
9	30,690660	11	19,7041170	17,6411	68,3260	19,720548
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 41. Resultados para presencia de Quistes subcondrales en Articulación Acromio – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

AC Deformidad

AC Deformidad	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	42,846575	208	16,6701737	5,3479	75,4110	42,654795
1	64,096195	27	11,0730370	34,3260	75,4110	63,205479
9	30,690660	11	19,7041170	17,6411	68,3260	19,720548
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 42. Resultados para presencia de Deformidad articular en Articulación Acromio – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

AC Calcificación discal

AC Calcificación discal	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	45,288021	235	17,4805281	5,3479	75,4110	45,726027
9	30,690660	11	19,7041170	17,6411	68,3260	19,720548
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 43. Resultados para presencia de Calcificación del disco articular en Articulación Acromio – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

AC Subluxación

AC Subluxación	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	44,950024	232	17,3360000	5,3479	75,4110	45,610959
1	71,426484	3	1,2100329	70,6082	72,8164	70,854795
9	30,690660	11	19,7041170	17,6411	68,3260	19,720548
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 44. Resultados para presencia de Subluxación articular en Articulación Acromio – Clavicular para la edad. Valores: 0 = sin alteraciones; 1 = Alterado; 9 = no definible

Suma EC Artrosis

Suma EC Artrosis	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	29,235885	102	12,1209077	5,3479	64,4466	26,920548
1	55,270018	133	12,4185498	29,5973	75,4110	56,531507
2	62,987671	6	9,8300212	43,9890	70,2740	65,091781
3	53,876712	5	8,1801363	46,4740	62,7836	48,671233
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 45. Resultados de distribución con la edad en relación con un cálculo de suma de los siete parámetros de degeneración articular valorados en la articulación Esterno – Clavicular. Los valores 9 se consideran como 0 a efectos de sumatorio.

Suma AC Artrosis

Suma AC Artrosis	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
0	27,879767	87	12,4028859	5,3479	68,3260	24,873973
1	46,621689	72	11,7618277	28,0164	72,2219	45,610959
2	57,147071	47	10,2291966	36,8630	74,9534	58,257534
3	60,406360	28	11,3773391	34,3260	75,4110	60,613699
4	68,189290	11	6,7558006	57,0685	75,4110	70,608219
5	70,608219	1	.	70,6082	70,6082	70,608219
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 46. Resultados de distribución con la edad en relación con un cálculo de suma de los siete parámetros de degeneración articular valorados en la articulación Acromio – Clavicular. Los valores 9 se consideran como 0 a efectos de la suma.

Correlación Suma AC	Coefficiente de correlación de Pearson	Significativo con dos colas
Edad	0,731	**0,000 (<0,01)
Hombres	0,705	**0,000 (<0,01)
Mujeres	0,760	**0,000 (<0,01)

Correlación Suma EC	Coefficiente de correlación de Pearson	Significativo con dos colas
Edad	0,643	**0,000 (<0,01)
Hombres	0,539	**0,000 (<0,01)
Mujeres	0,781	**0,000 (<0,01)

**La correlación es significativa a nivel 0,01 (dos colas)

Tabla 47. Coeficiente de correlación de Pearson entre el índice de suma de los siete parámetros de degeneración articular valorados en las articulaciones Acromio – Clavicular y Esterno-Clavicular y la edad como variables continuas.

		Suma Articulación EC				Total
		0	1	2	3	
Grupos edad	0-20	24	0	0	0	24
	20-30	38	2	0	0	40
	30-40	20	20	0	0	40
	40-50	11	25	1	3	40
	50-60	7	33	0	0	40
	60-70	2	33	3	2	40
	70-...	0	20	2	0	22
Total		102	133	6	5	246

Tabla 48. Tabla de contingencia entre Suma de parámetros de degeneración articular en articulación Esterno-Clavicular y Grupos de edad. Ambos sexos.

		Suma Articulación AC					Total	
		0	1	2	3	4		5
Grupos edad	0-20	24	0	0	0	0	0	24
	20-30	36	4	0	0	0	0	40
	30-40	13	24	1	2	0	0	40
	40-50	7	17	13	3	0	0	40
	50-60	5	15	11	7	2	0	40
	60-70	2	10	18	7	3	0	40
	70-...	0	2	4	9	6	1	22
Total		87	72	47	28	11	1	246

Tabla 49. Tabla de contingencia entre Suma de parámetros de degeneración articular en articulación Acromio-Clavicular y Grupos de edad. Ambos sexos.

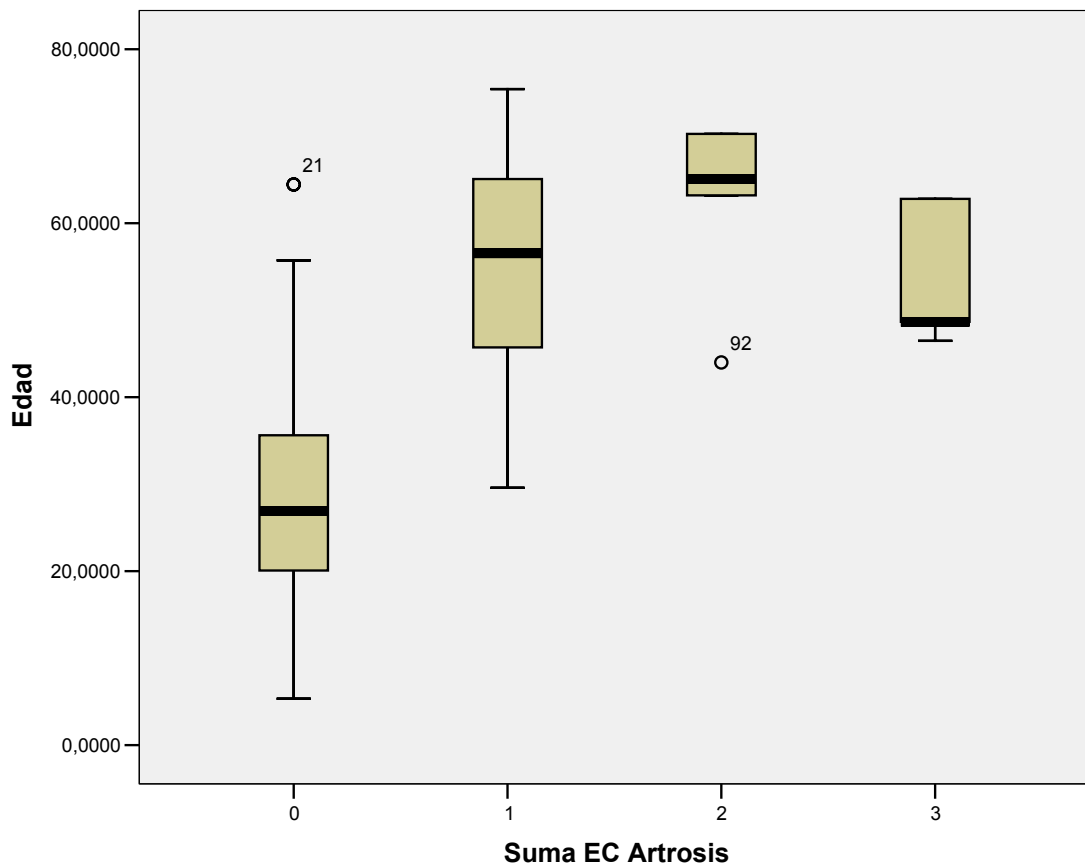


Gráfico 20. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de la Suma de parámetros de degeneración articular en relación con la Articulación Esterno – Clavicular.

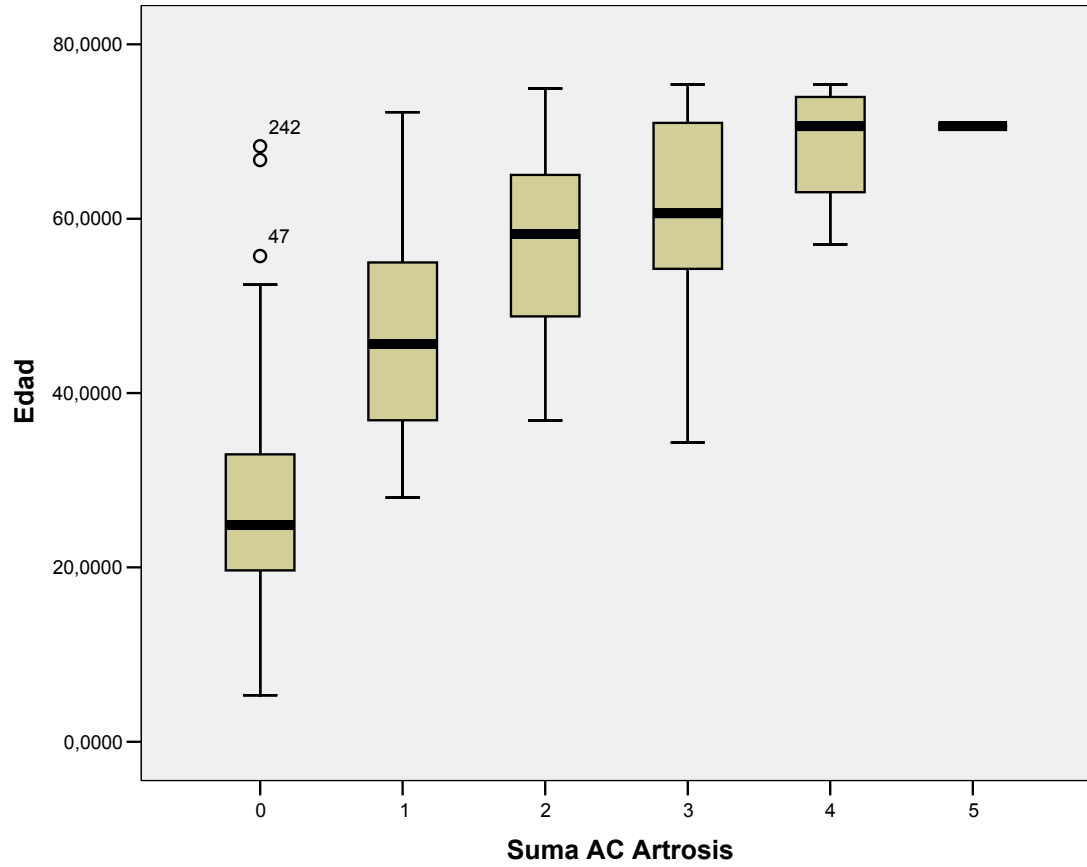


Gráfico 21. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de la Suma de parámetros de degeneración articular en relación con la Articulación Acromio – Clavicular. Los valores 9 se consideran como 0 a efectos de la suma.

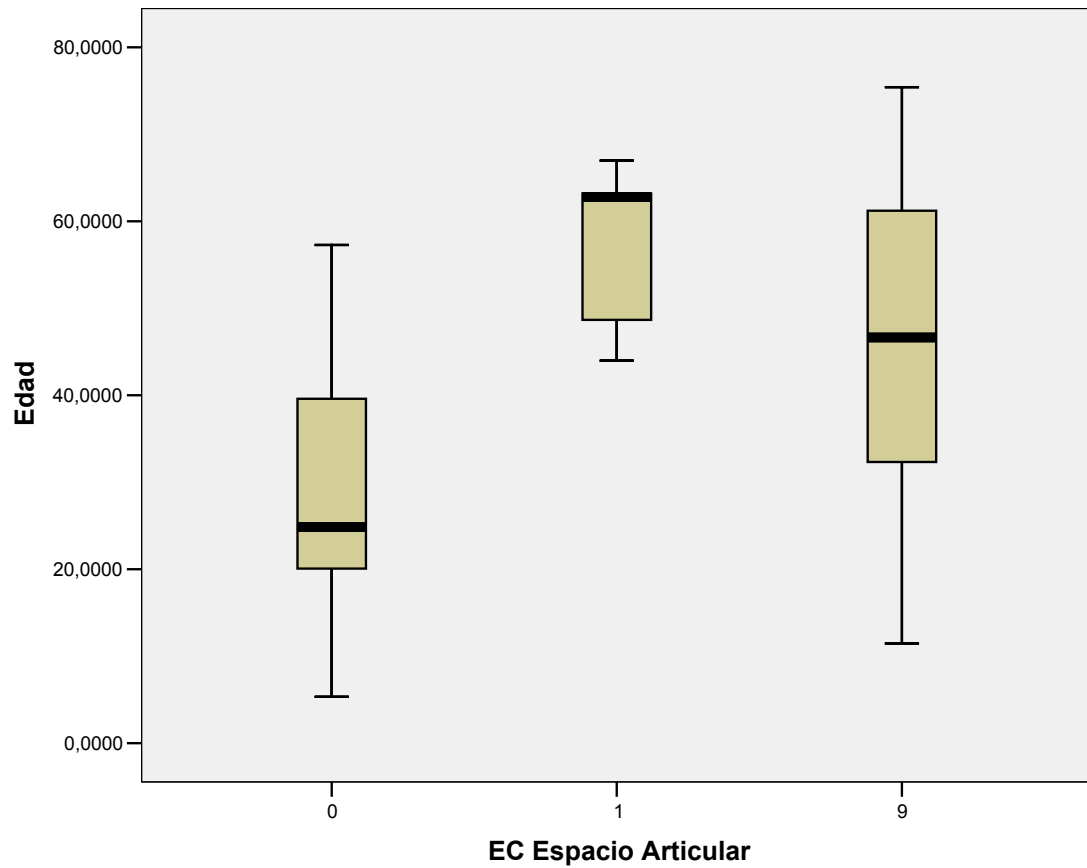


Gráfico 22. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de estrechamiento del Espacio articular en la Articulación Esterno – Clavicular. Los valores 9 se consideran como 0 a efectos de la suma.

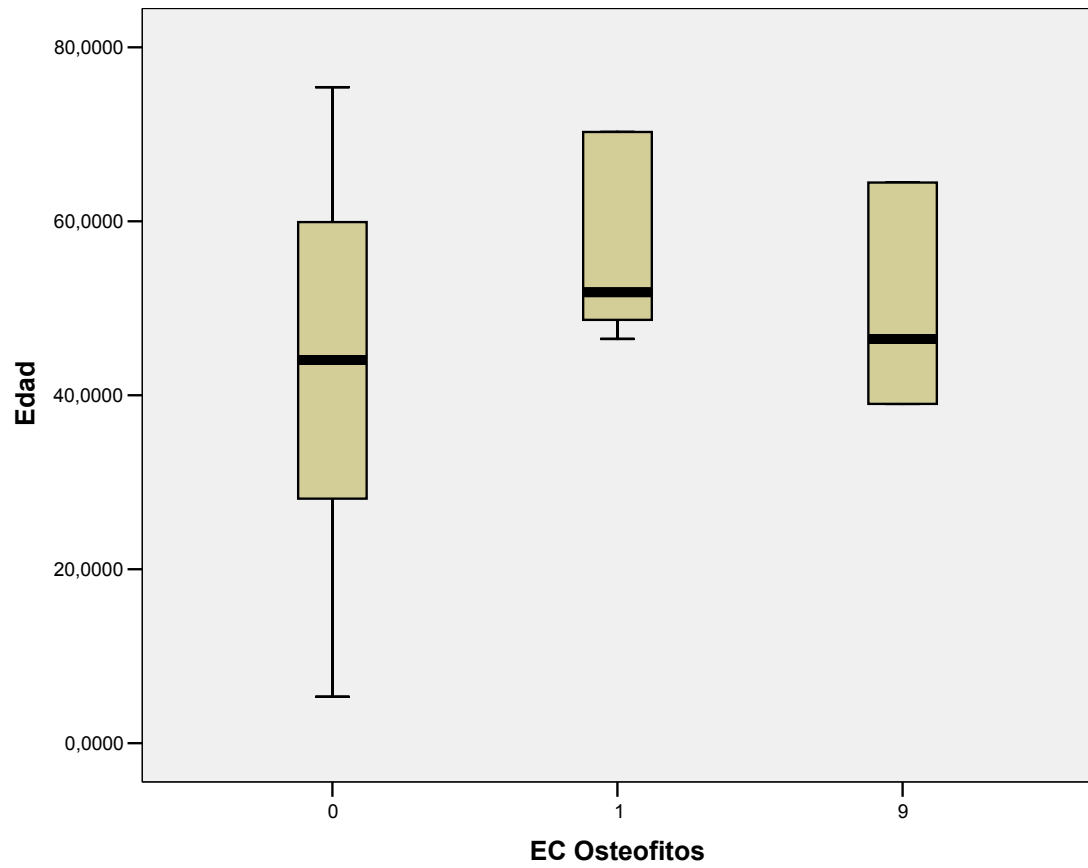


Gráfico 23. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de Osteofitos en la Articulación Esterno – Clavicular.

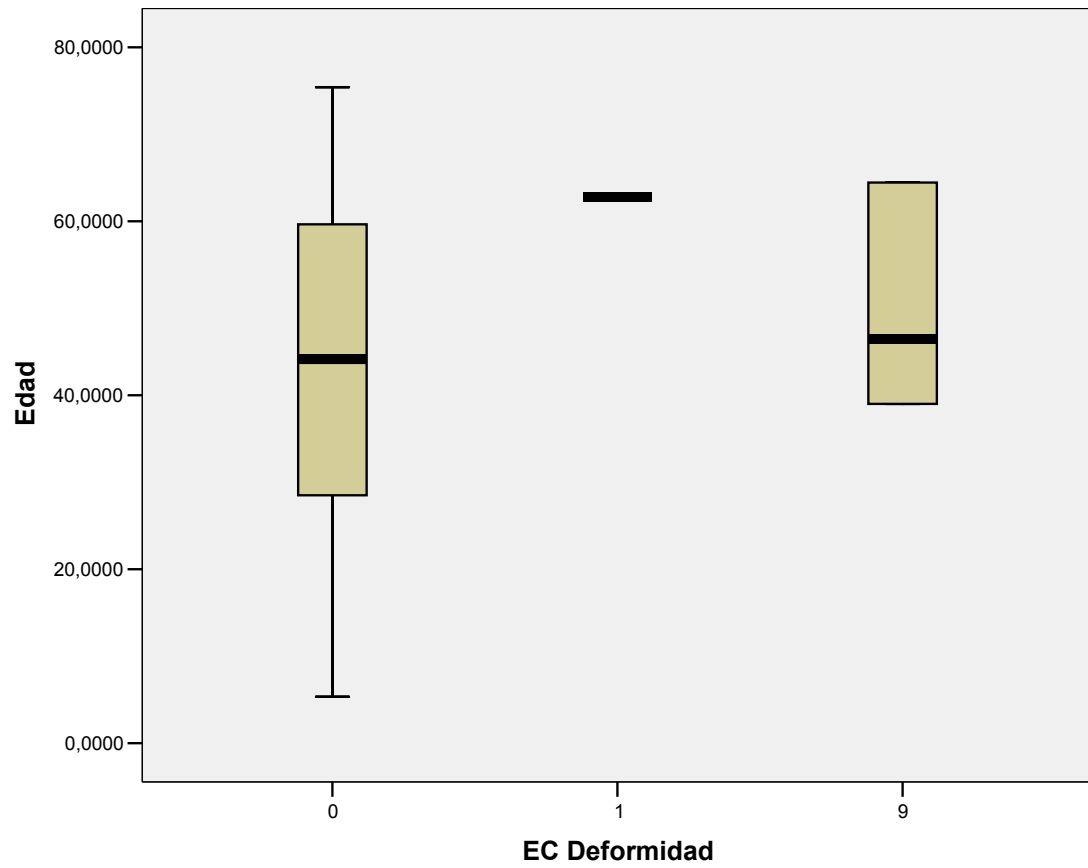


Gráfico 24. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de Deformidad articular en la Articulación Esterno – Clavicular.

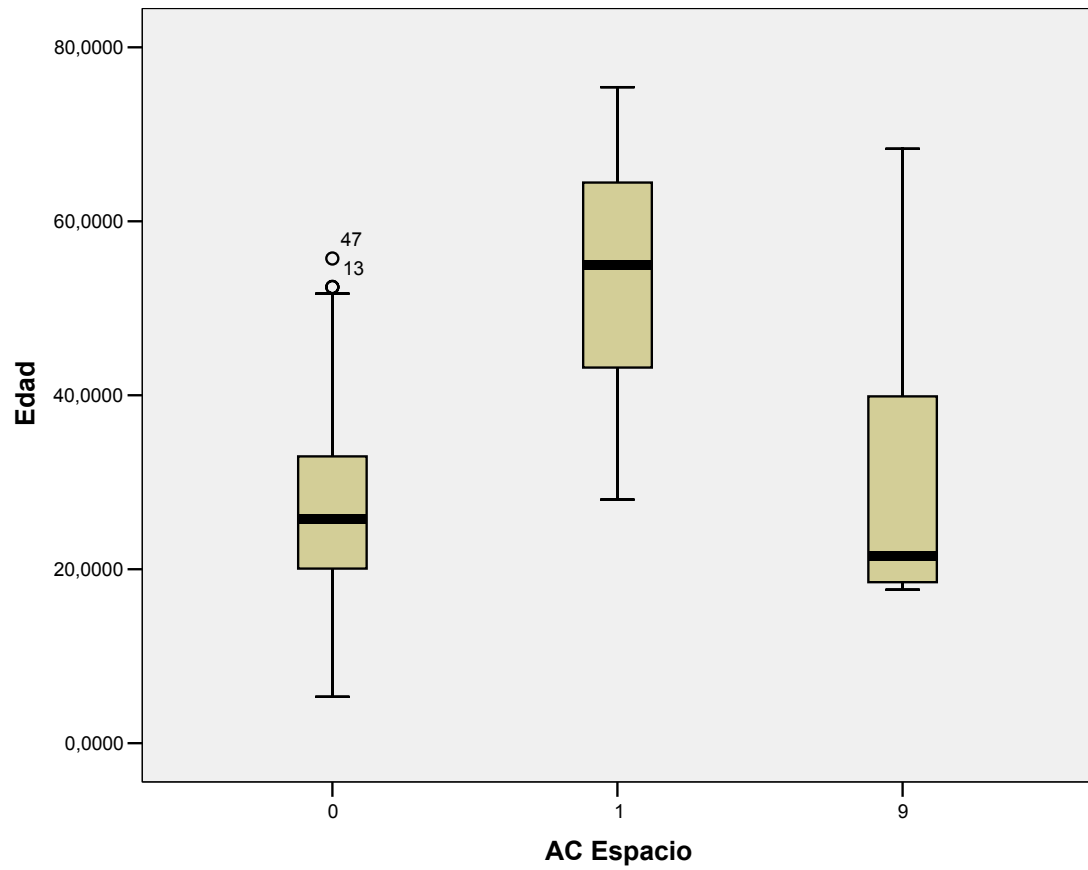


Gráfico 25. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de estrechamiento del Espacio articular en la Articulación Acromio – Clavicular.

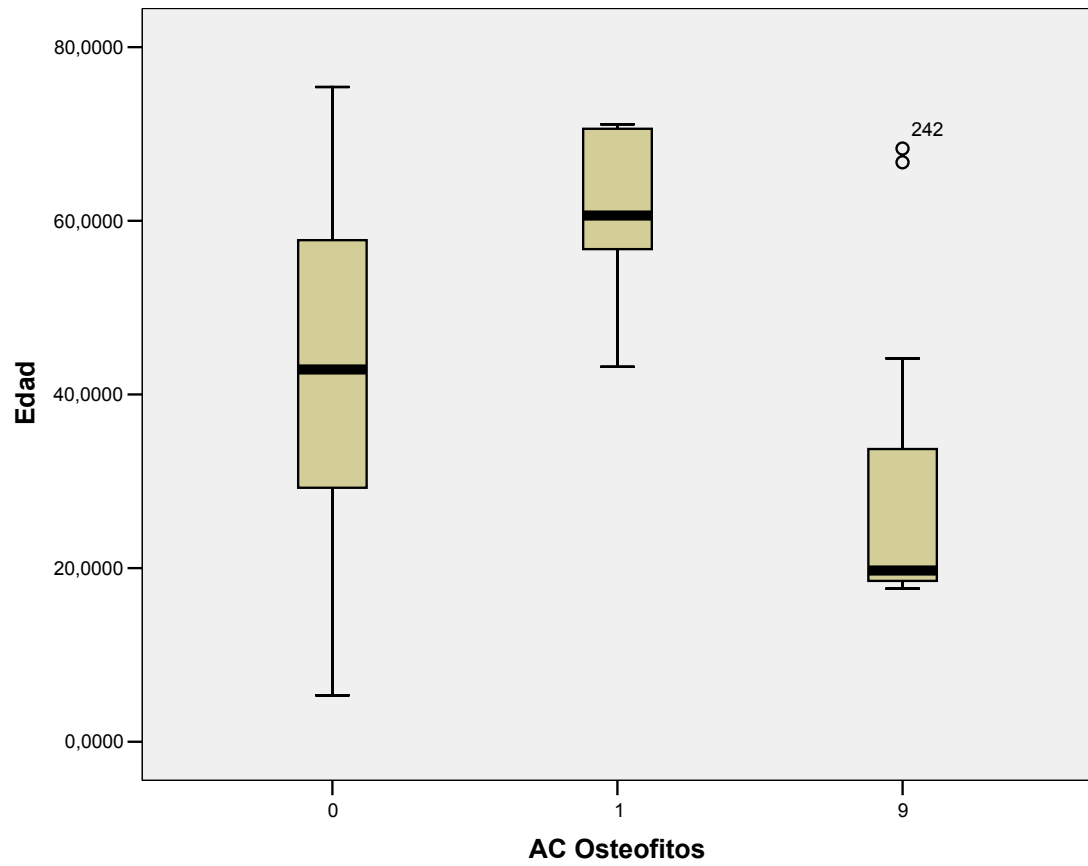


Gráfico 26. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de Osteofitos en la Articulación Acromio – Clavicular.

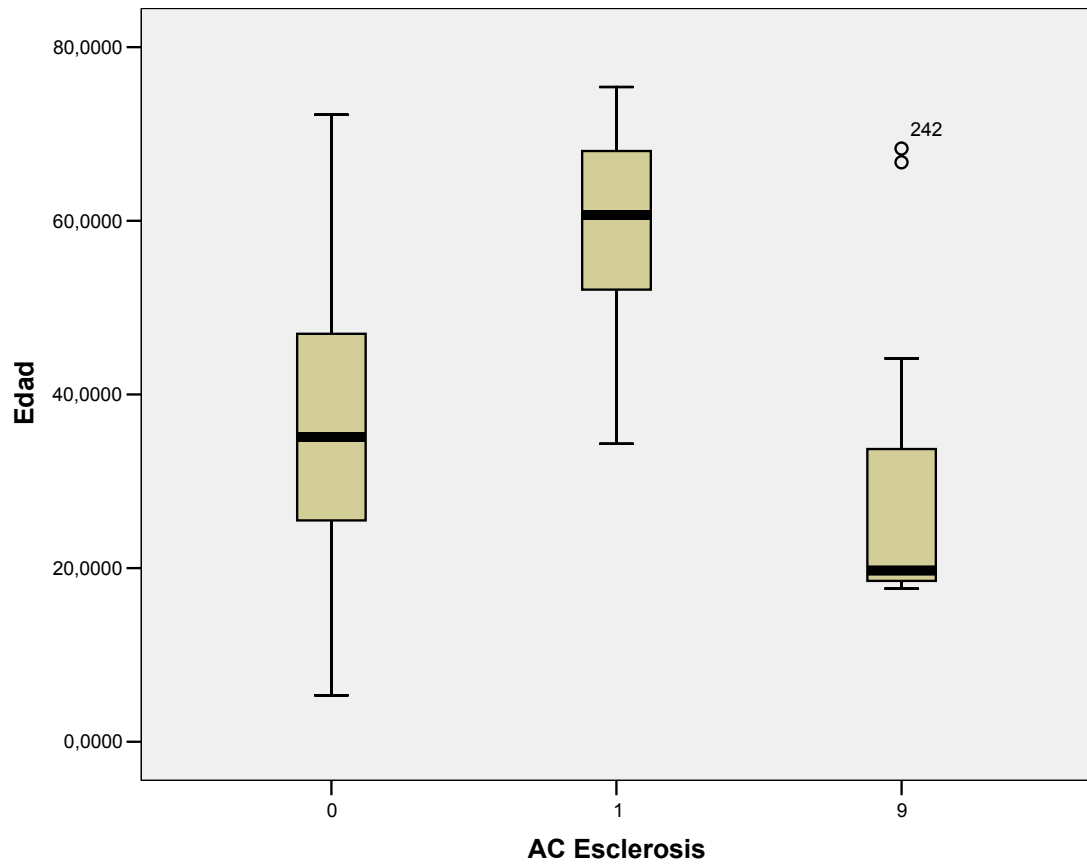


Gráfico 27. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de Esclerosis subcondral en la Articulación Acromio – Clavicular.

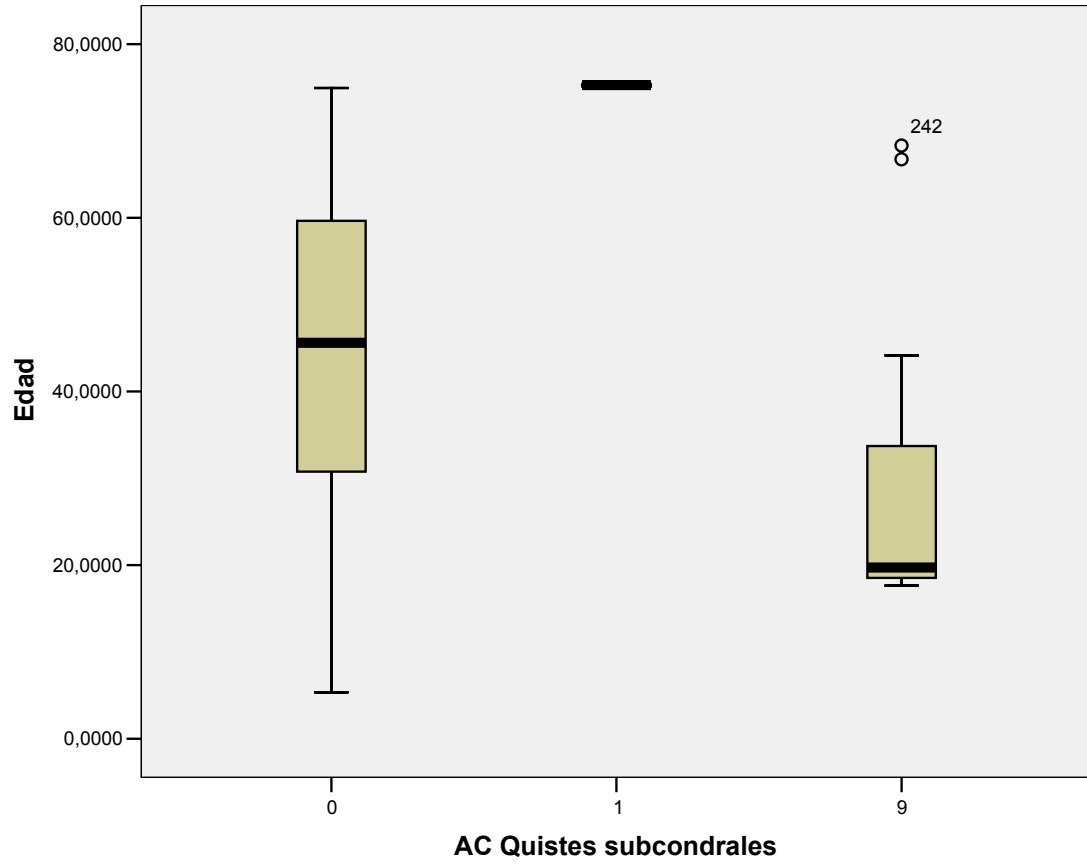


Gráfico 28. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de Quistes subcondrales en la Articulación Acromio – Clavicular.

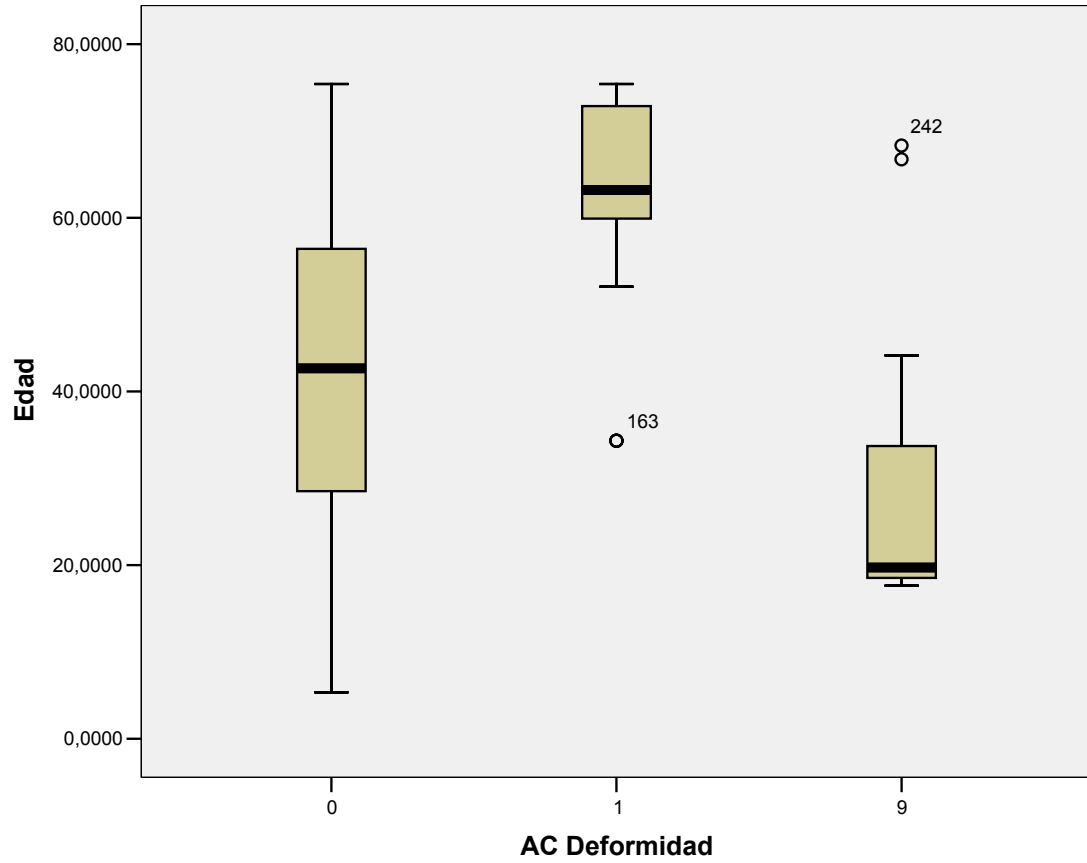


Gráfico 29. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de Deformidad articular en la Articulación Acromio – Clavicular.

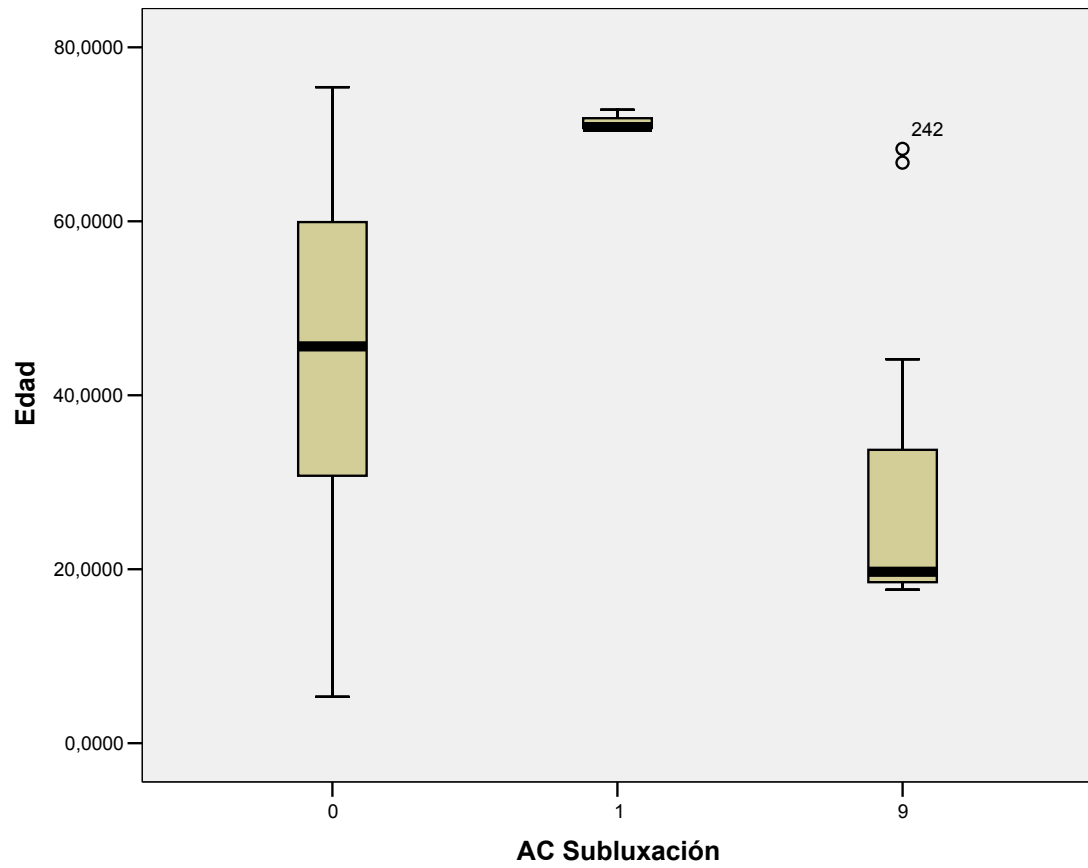


Gráfico 30. Diagrama de Cajas. Distribución con la edad de los hallazgos de Subluxación articular en la Articulación Acromio – Clavicular.

8.5. Presencia de alteraciones morfológicas en las uniones costo-clavicular y coraco-clavicular en radiografías de tórax postero-anteriores digitales

UNION COSTO-CLAVICULAR	Casos
Depresión local o Fosa Romboidea	3
Sin hallazgos	240
Tubérculo	3
Articulación	0
Total	246

Tabla 50. Distribución de resultados generales para hallazgos en la región de la unión coraco-clavicular. Muestra ambos sexos.

UNION CORACO-CLAVICULAR	Casos
Depresión local	0
Sin hallazgos	187
Tubérculo conoide	58
Articulación	1
Total	246

Tabla 51. Distribución de resultados generales para hallazgos en la región de la unión costo-clavicular. Muestra ambos sexos.

A. CORACO-CLAV	Media	N	Desviación Standard	Mínimo	Máximo	Mediana
Depresión local	0	0				
Sin hallazgos	45,610842	187	18,4053297	5,3479	75,4110	46,827397
Tubérculo conoide	41,473170	58	15,5919631	17,6082	75,1205	40,402740
Articulación	45,610959	1		45,6110	45,6110	45,610959
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla 52. Distribución de edades y hallazgos en la región de la unión coraco-clavicular. Muestra ambos sexos.

		UNION CORACO-CLAVICULAR				Total
		Depresión	Sin hallazgos	Tubérculo conoide	Articulación	
SEXO	MUJERES	0	86	37	1	124
	HOMBRES	0	101	21	0	122
	Total	0	187	58	1	246

Tabla 53. Tabla de contingencia para hallazgos en unión Coraco-clavicular y Sexo

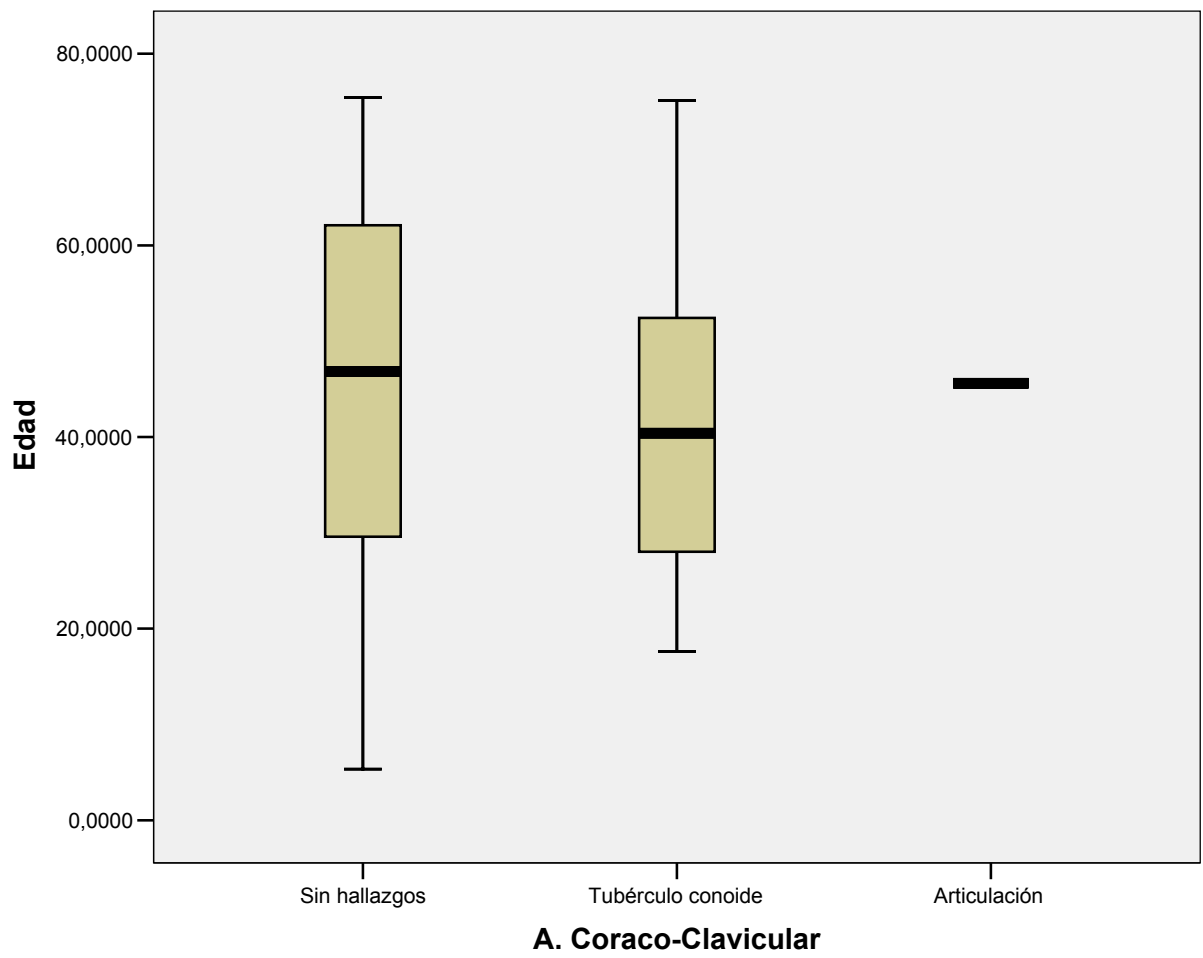


Gráfico 31. Diagrama de cajas. Unión coraco-clavicular. Muestra general.

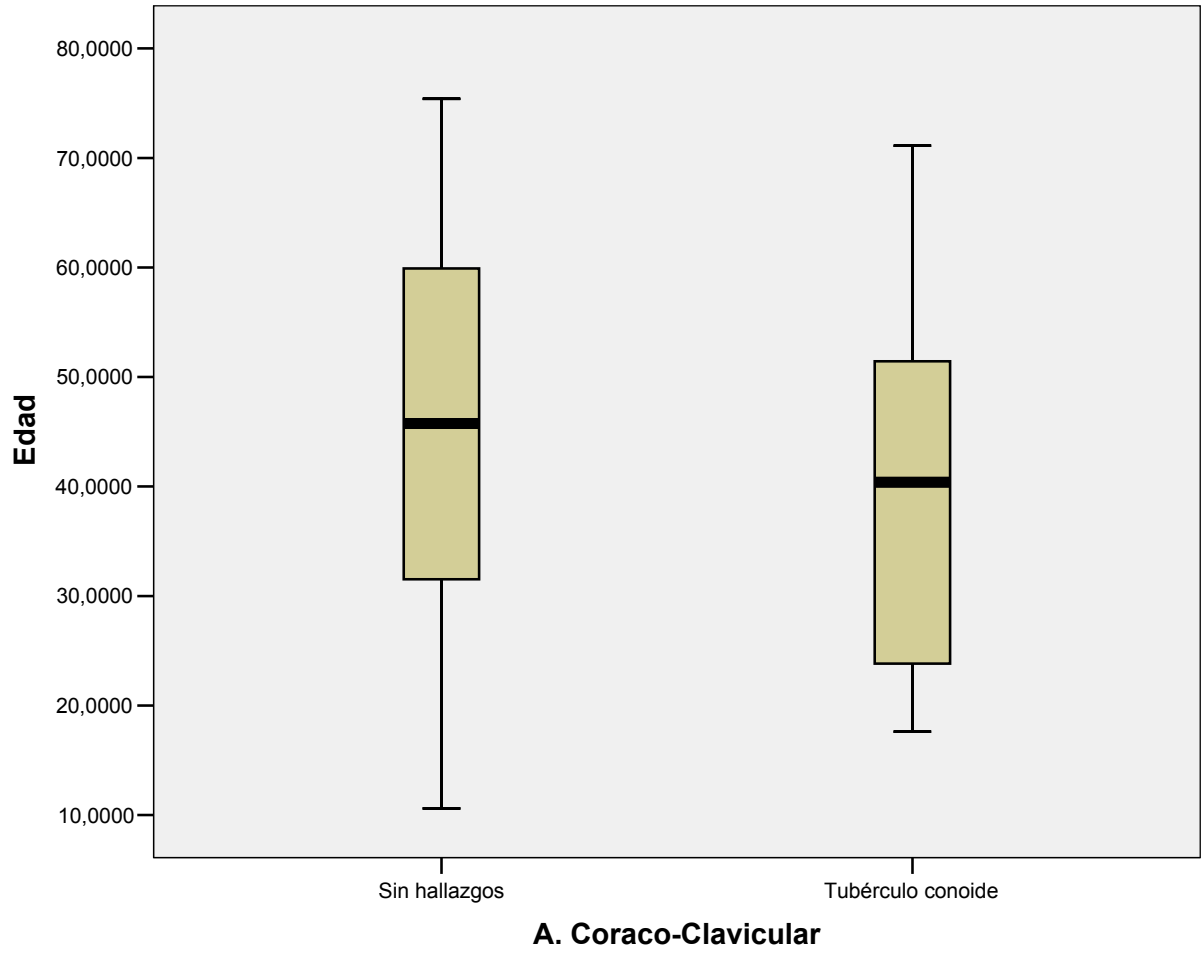


Gráfico 32. Diagrama de cajas. Unión coraco-clavicular. Muestra de Hombres.

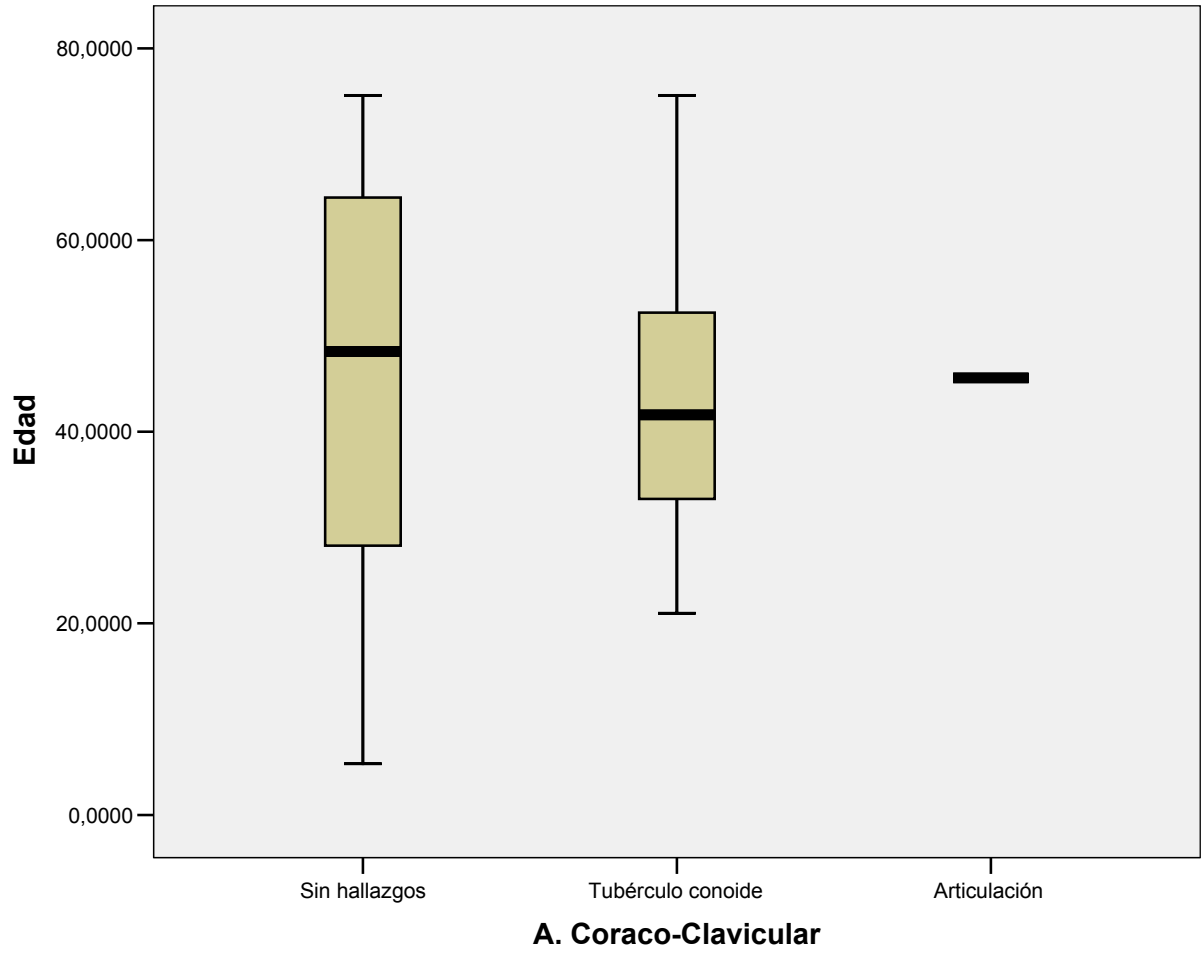


Gráfico 33. Diagrama de cajas. Unión coraco-clavicular. Muestra de Mujeres.

8.6. Medidas de índices claviculares en radiografías de tórax postero-antérieures digitales

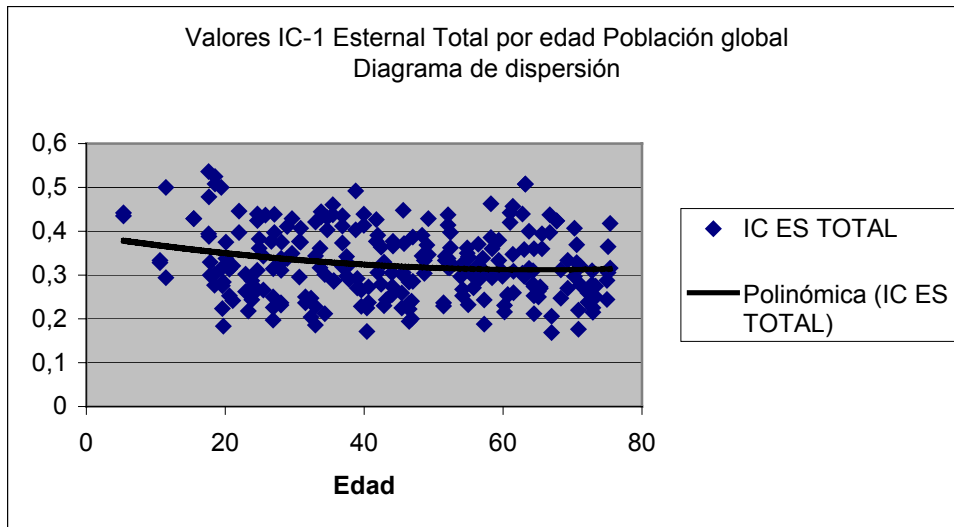


Gráfico 34. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 total a nivel de extremidad externa. Grupo de población de ambos sexos.

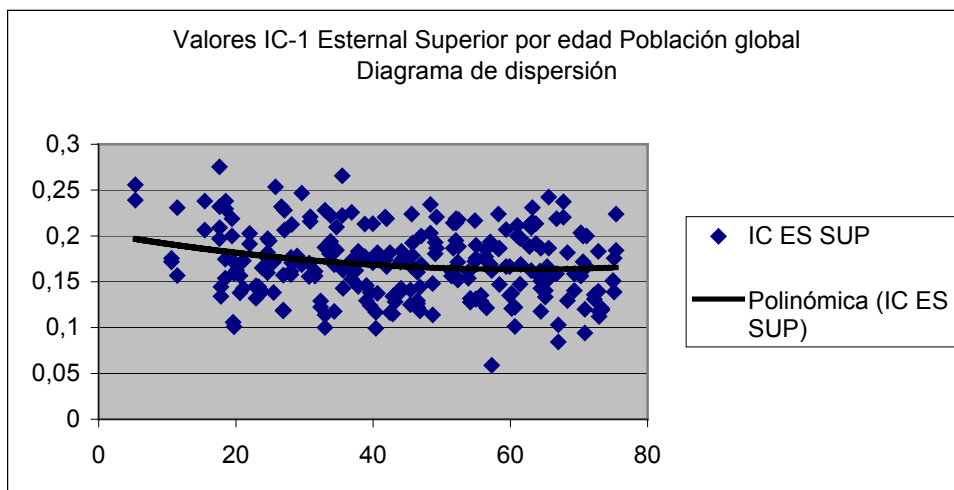


Gráfico 35. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 superior a nivel de extremidad externa. Grupo de población de ambos sexos.

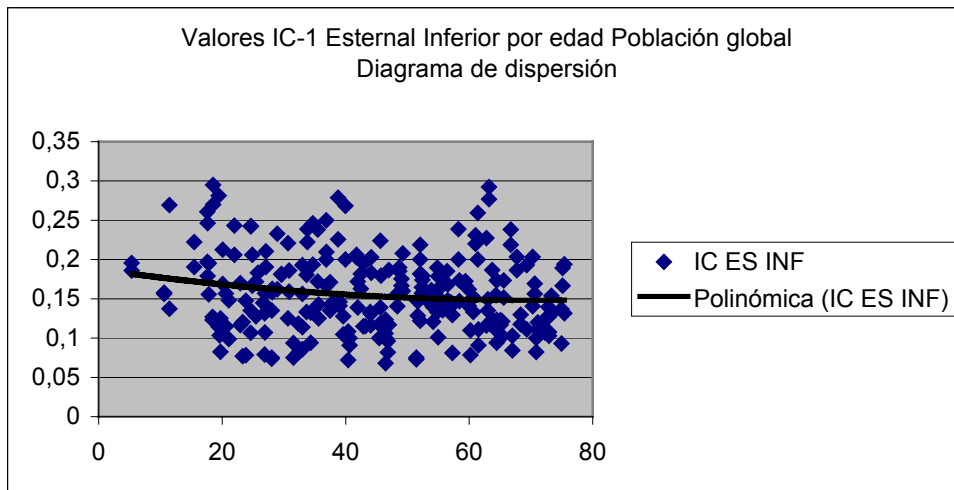


Gráfico 36. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 inferior a nivel de extremidad externa. Grupo de población de ambos sexos.

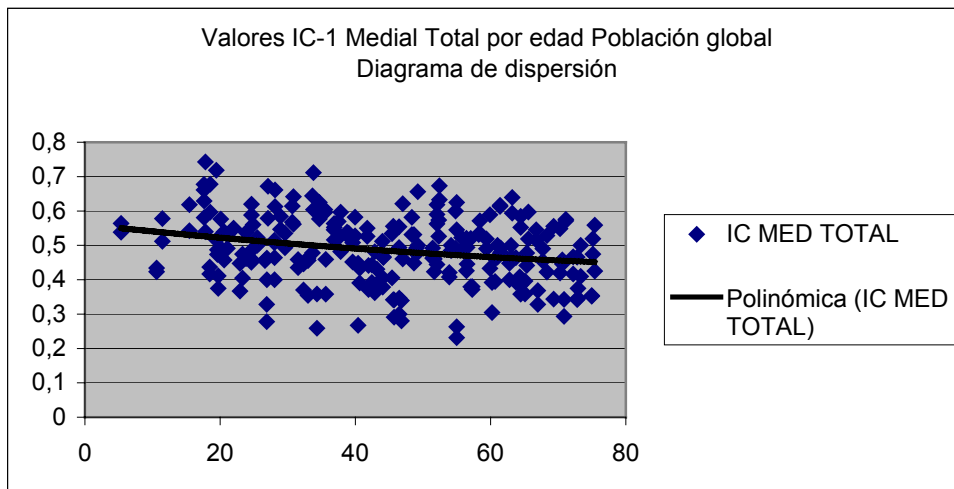


Gráfico 37. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 total a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos.

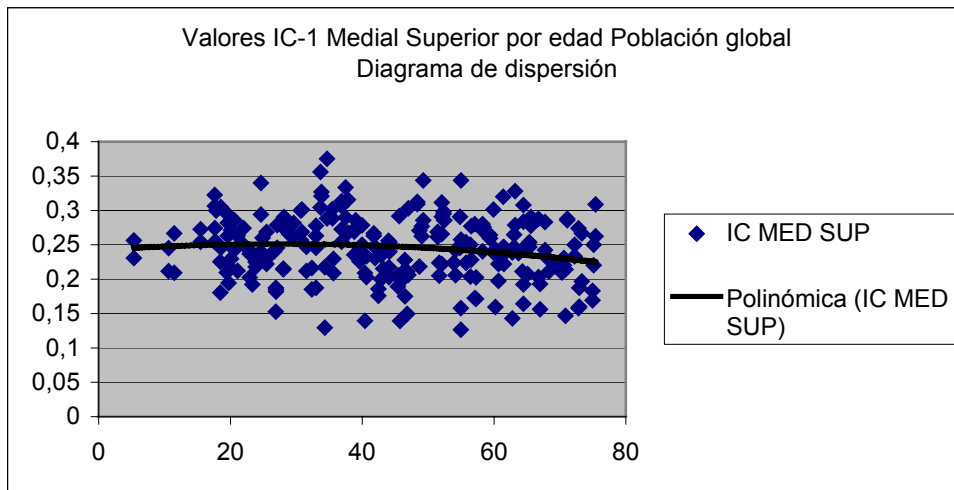


Gráfico 38. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 superior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos.

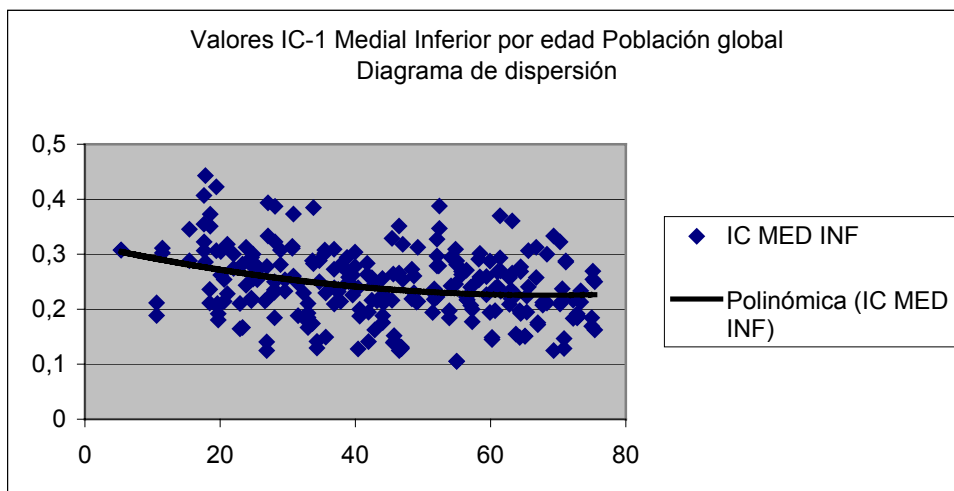


Gráfico 39. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 inferior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos.

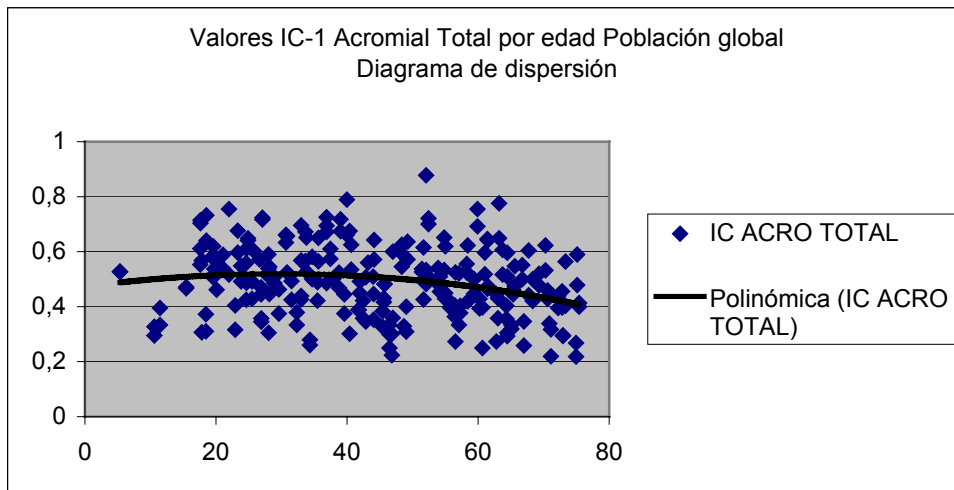


Gráfico 40. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 total a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos.

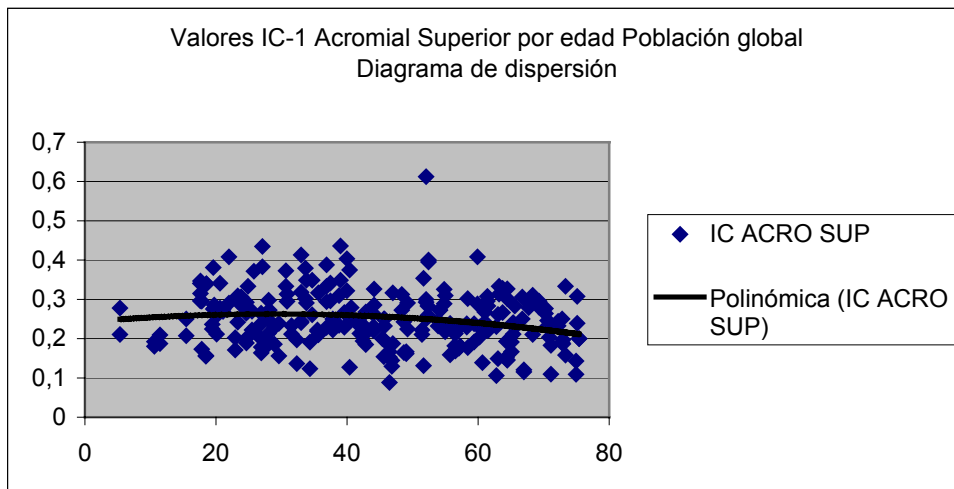


Gráfico 41. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 superior a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos.

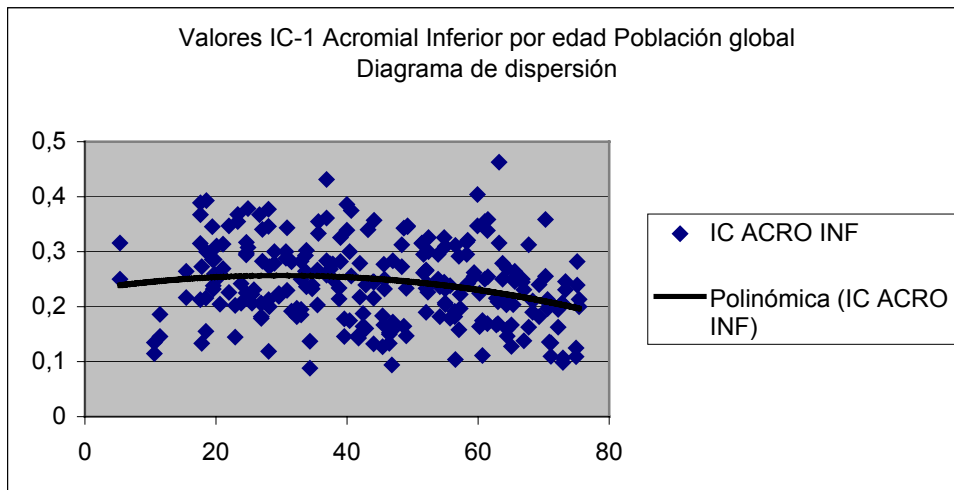


Gráfico 42. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 1 inferior a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos.

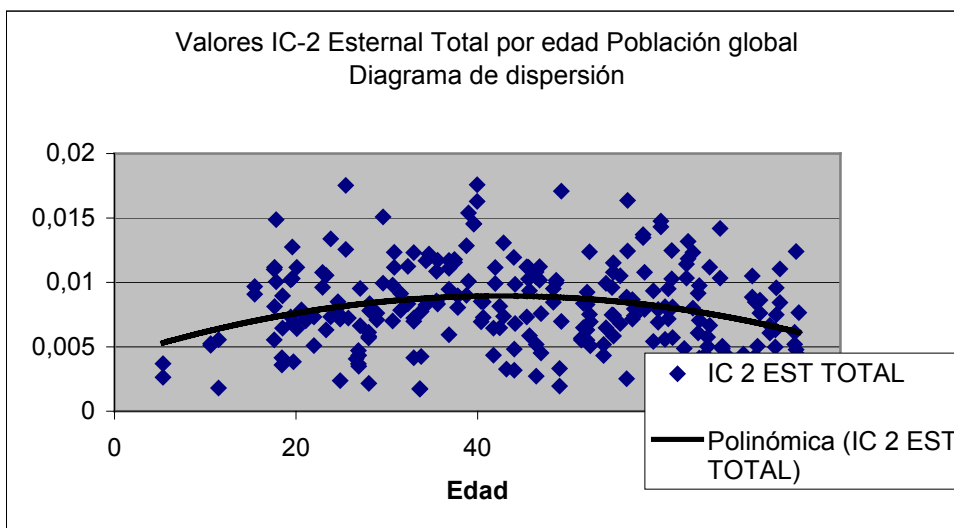


Gráfico 43. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 total a nivel de extremidad esternal. Grupo de población de ambos sexos.

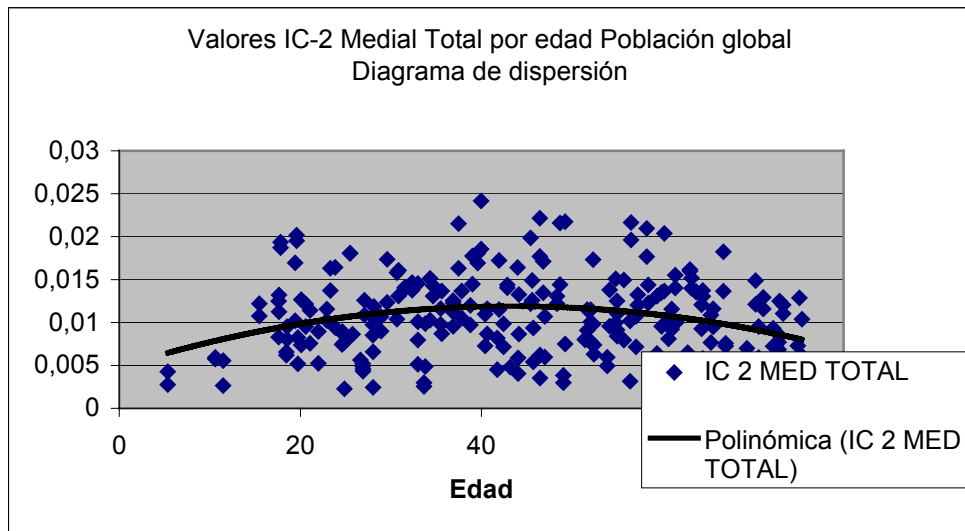


Gráfico 44. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 total a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos.

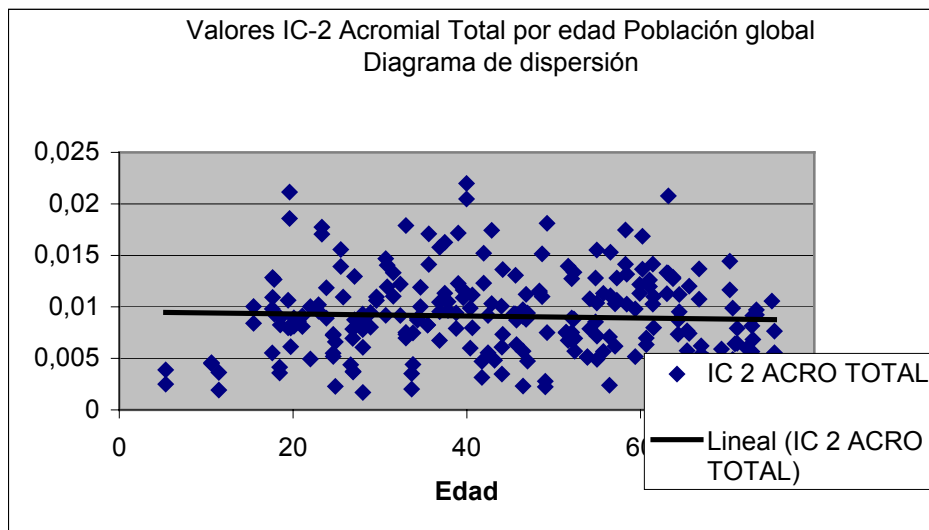


Gráfico 45. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 total a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos.

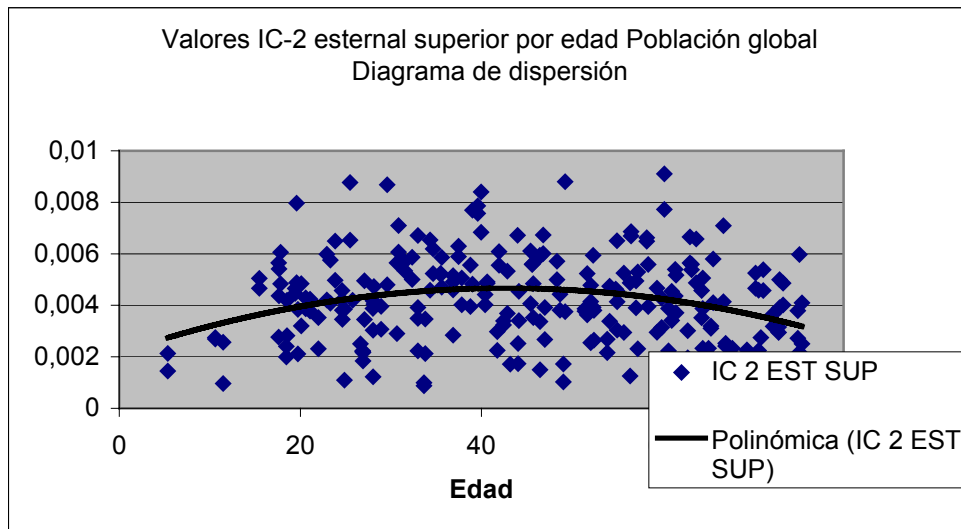


Gráfico 46. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 superior a nivel de extremidad esternal. Grupo de población de ambos sexos.

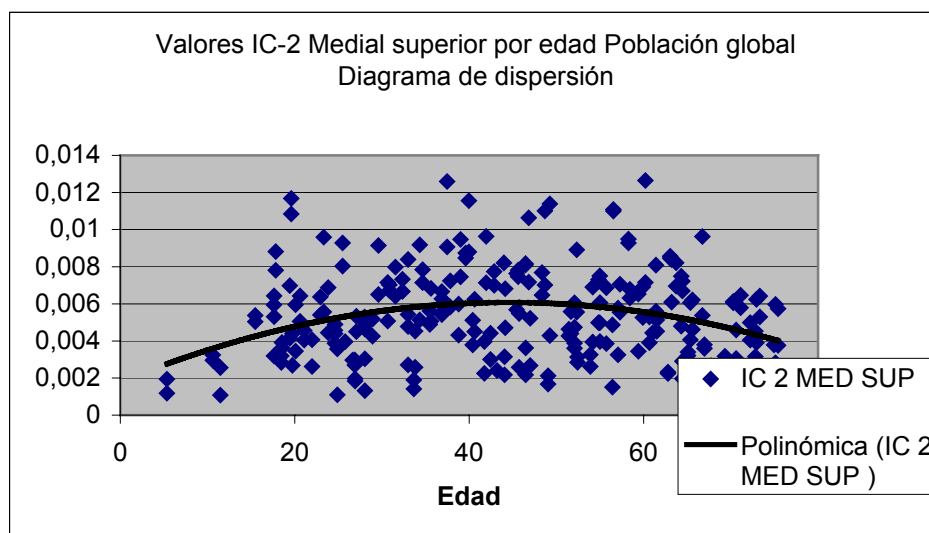


Gráfico 47. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 superior a nivel de mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos.

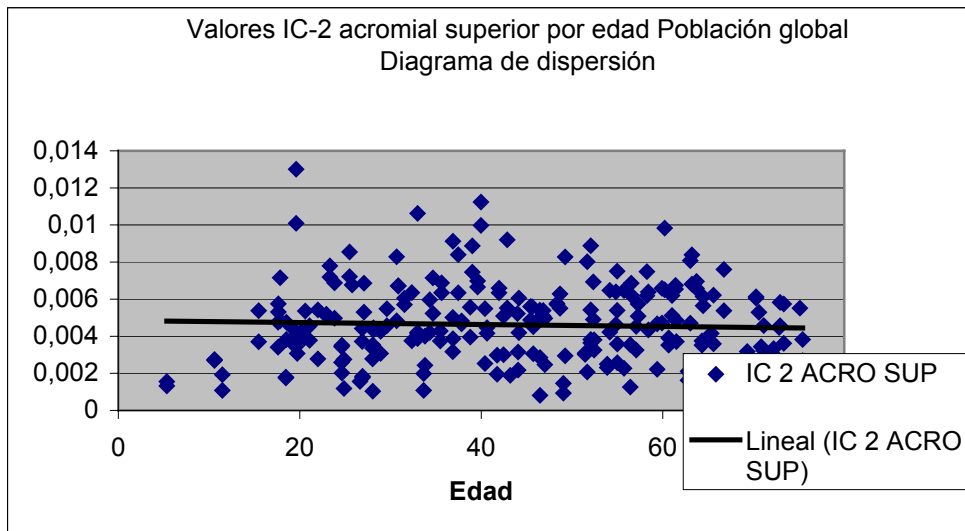


Gráfico 48. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 superior a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos.

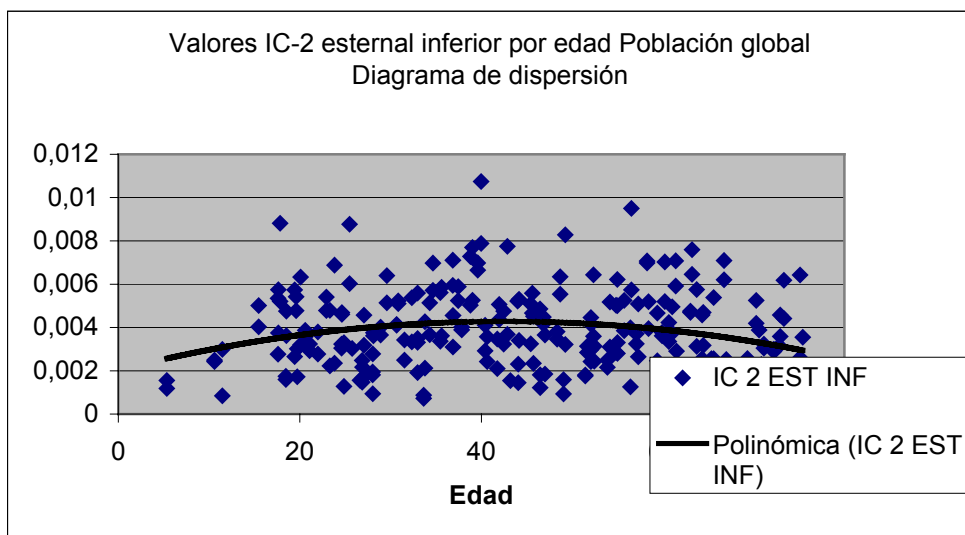


Gráfico 49. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 inferior a nivel de extremidad esternal. Grupo de población de ambos sexos.

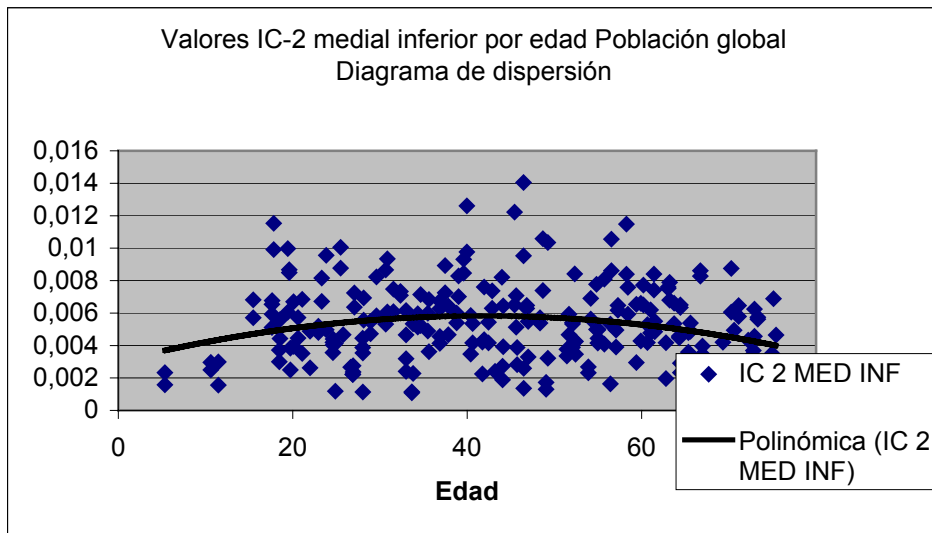


Gráfico 50. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 inferior a nivel de mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos.

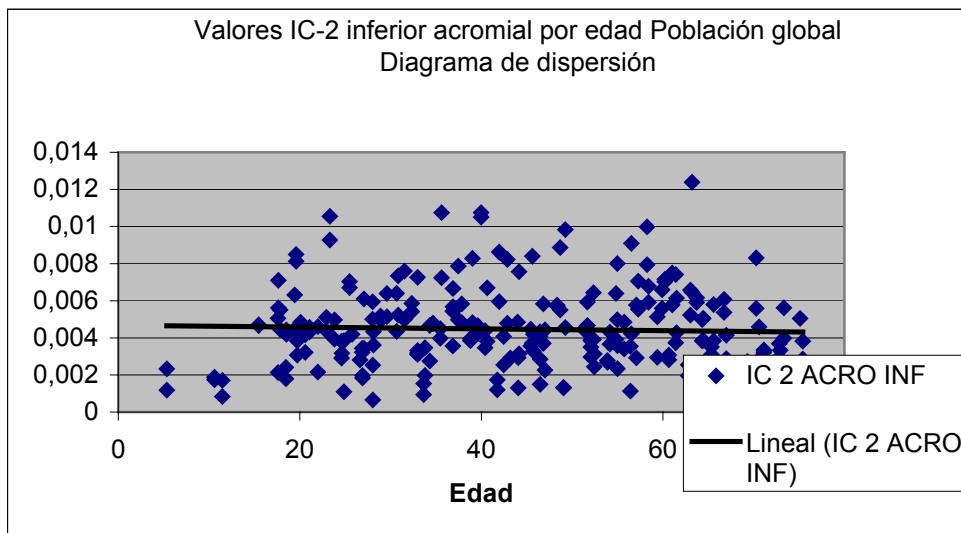


Gráfico 51. Gráfico de dispersión. Distribución de Índice Clavicular tipo 2 inferior a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos.

Índice Clavicular	Coef. Correlación de Pearson	Significado (dos colas)
IC tipo 1. Extremidad esternal total:	-0,178	<0,01
IC tipo 1. Extremidad esternal superior:	-0,172	<0,01
IC tipo 1. Extremidad esternal inferior:	-0,152	<0,05
IC tipo 1. Mitad clavicular total:	-0,249	<0,01
IC tipo 1. Mitad clavicular superior:	-0,147	<0,05
IC tipo 1. Mitad clavicular inferior:	-0,271	<0,01
IC tipo 1. Extremidad acromial total:	-0,214	<0,01
IC tipo 1. Extremidad acromial superior:	-0,175	<0,01
IC tipo 1. Extremidad acromial inferior:	-0,199	<0,01
IC tipo 2. Extremidad esternal total:	-0,040	-
IC tipo 2. Extremidad esternal superior:	-0,040	-
IC tipo 2. Extremidad esternal inferior:	-0,036	-
IC tipo 2. Mitad clavicular total:	-0,021	-
IC tipo 2. Mitad clavicular superior:	0,015	-
IC tipo 2. Mitad clavicular inferior:	-0,055	-
IC tipo 2. Extremidad acromial total:	-0,044	-
IC tipo 2. Extremidad acromial superior:	-0,045	-
IC tipo 2. Extremidad acromial inferior:	-0,039	-

Tabla 54. Coeficiente de correlación Pearson para cada uno de los índices claviculares en la muestra de población de ambos sexos.

Índice Clavicular	Coef. Correlación de Pearson	Significado (dos colas)
IC tipo 1. Extremidad esternal total:	-0,059	-
IC tipo 1. Extremidad esternal superior:	-0,066	-
IC tipo 1. Extremidad esternal inferior:	-0,042	-
IC tipo 1. Mitad clavicular total:	-0,186	<0,05
IC tipo 1. Mitad clavicular superior:	-0,138	0,128
IC tipo 1. Mitad clavicular inferior:	-0,271	<0,01
IC tipo 1. Extremidad acromial total:	-0,298	<0,01
IC tipo 1. Extremidad acromial superior:	-0,279	<0,01
IC tipo 1. Extremidad acromial inferior:	-0,247	<0,01
IC tipo 2. Extremidad esternal total:	-0,105	-
IC tipo 2. Extremidad esternal superior:	-0,127	-
IC tipo 2. Extremidad esternal inferior:	-0,076	-
IC tipo 2. Mitad clavicular total:	-0,085	-
IC tipo 2. Mitad clavicular superior:	-0,065	-
IC tipo 2. Mitad clavicular inferior:	-0,102	-
IC tipo 2. Extremidad acromial total:	-0,180	-
IC tipo 2. Extremidad acromial superior:	-0,186	-
IC tipo 2. Extremidad acromial inferior:	-0,158	-

Tabla 55. Coeficiente de correlación Pearson para cada uno de los índices claviculares en la muestra de población de sexo masculino.

Índice Clavicular	Coef. Correlación de Pearson	Significado (dos colas)
IC tipo 1. Extremidad esternal total:	-0,300	<0,01
IC tipo 1. Extremidad esternal superior:	-0,281	<0,01
IC tipo 1. Extremidad esternal inferior:	-0,269	<0,05
IC tipo 1. Mitad clavicular total:	-0,343	<0,01
IC tipo 1. Mitad clavicular superior:	-0,186	0,06
IC tipo 1. Mitad clavicular inferior:	-0,380	<0,01
IC tipo 1. Extremidad acromial total:	-0,141	-
IC tipo 1. Extremidad acromial superior:	-0,087	-
IC tipo 1. Extremidad acromial inferior:	-0,157	-
IC tipo 2. Extremidad esternal total:	-0,027	-
IC tipo 2. Extremidad esternal superior:	-0,047	-
IC tipo 2. Extremidad esternal inferior:	-0,005	-
IC tipo 2. Mitad clavicular total:	-0,050	-
IC tipo 2. Mitad clavicular superior:	0,110	-
IC tipo 2. Mitad clavicular inferior:	-0,010	-
IC tipo 2. Extremidad acromial total:	0,105	-
IC tipo 2. Extremidad acromial superior:	0,114	-
IC tipo 2. Extremidad acromial inferior:	0,084	-

Tabla 56. Coeficiente de correlación Pearson para cada uno de los índices claviculares en la muestra de población de sexo femenino.

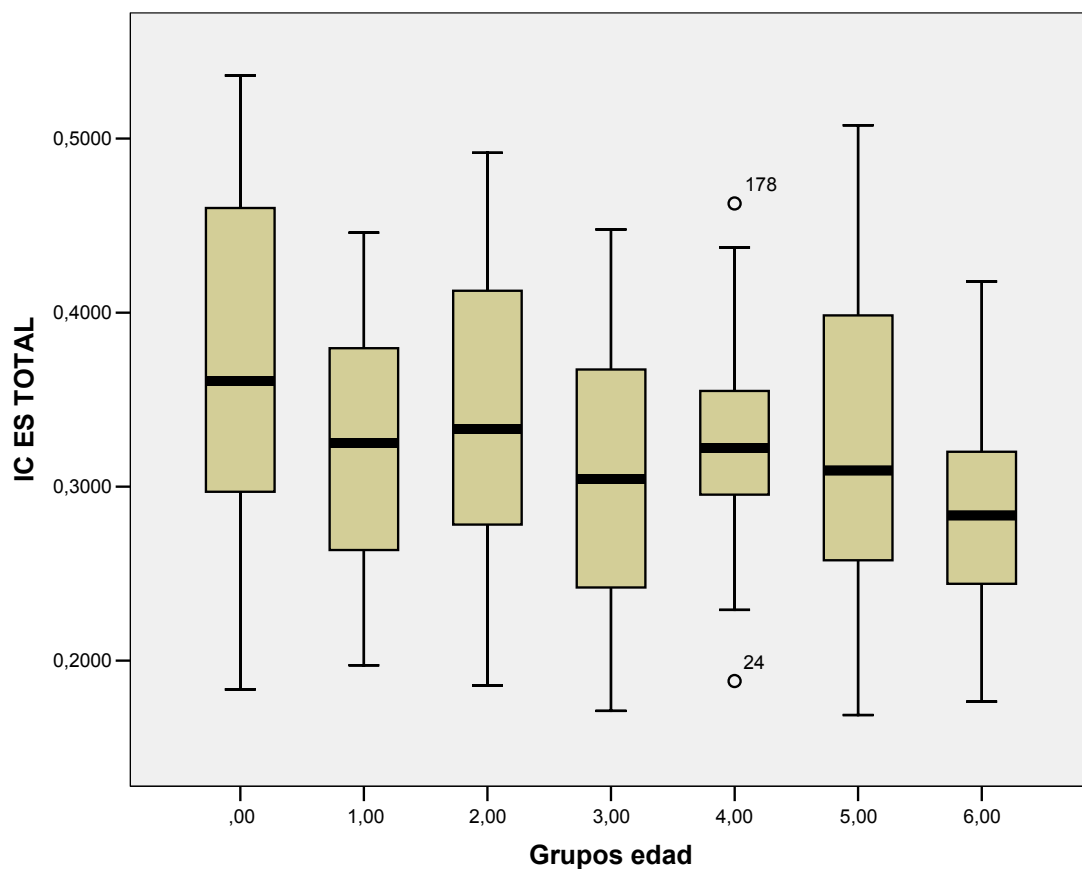


Gráfico 52. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 total a nivel de extremidad esternal. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

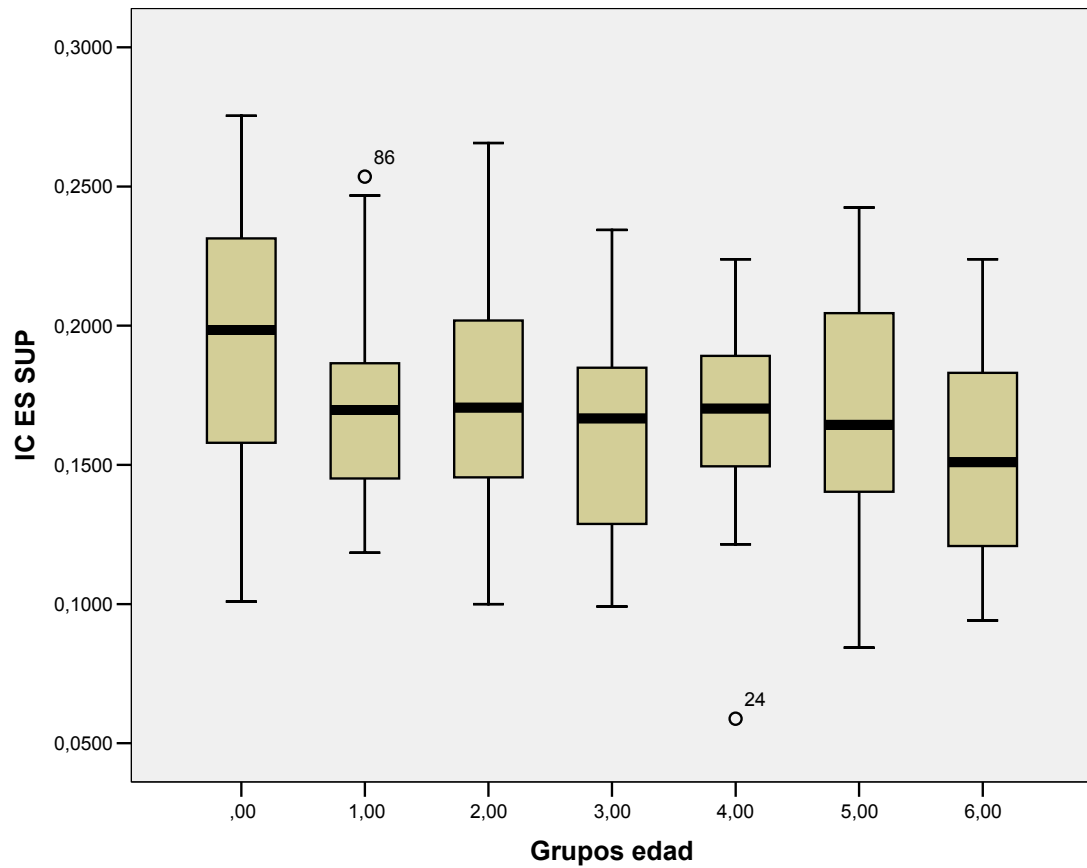


Gráfico 53. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 superior a nivel de extremidad esternal. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

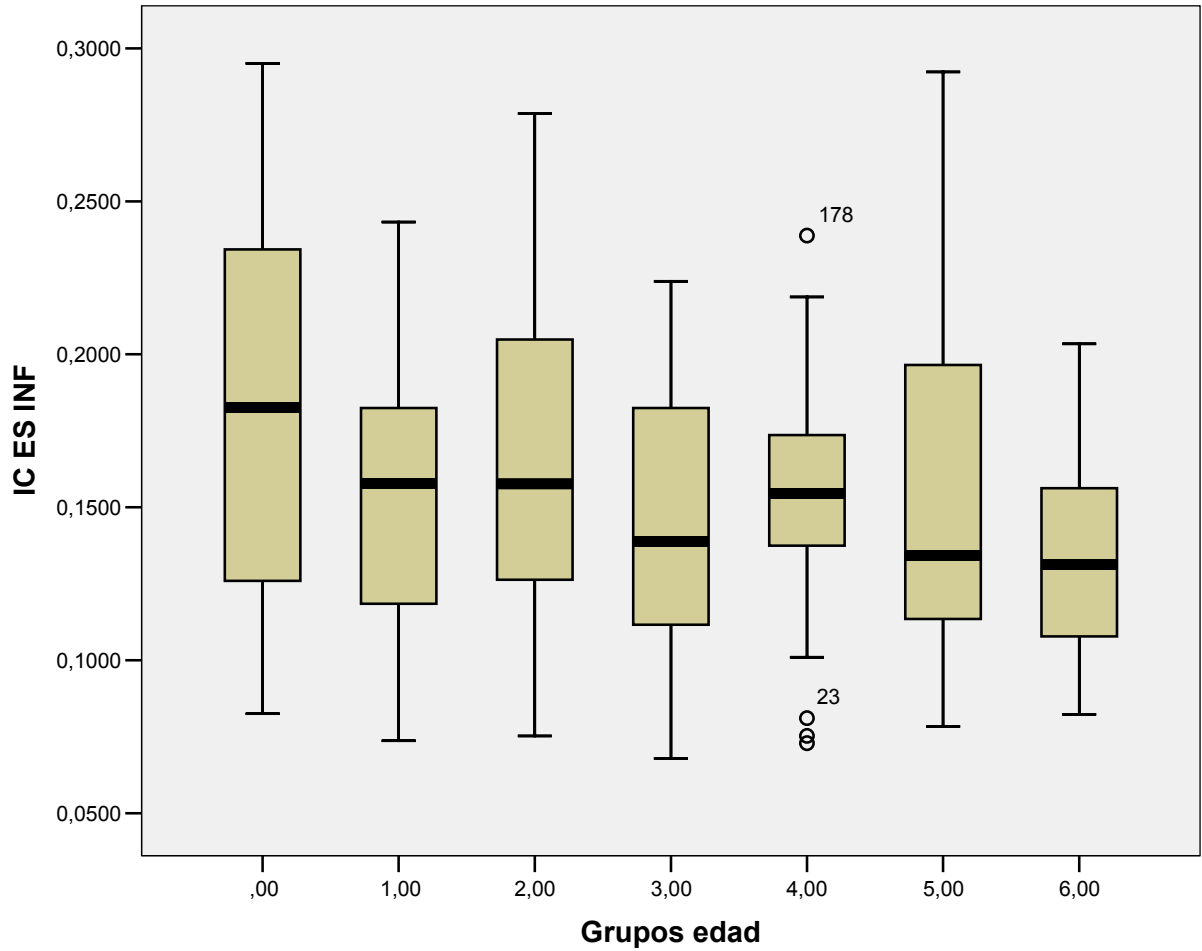


Gráfico 54. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 inferior a nivel de extremidad esternal. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

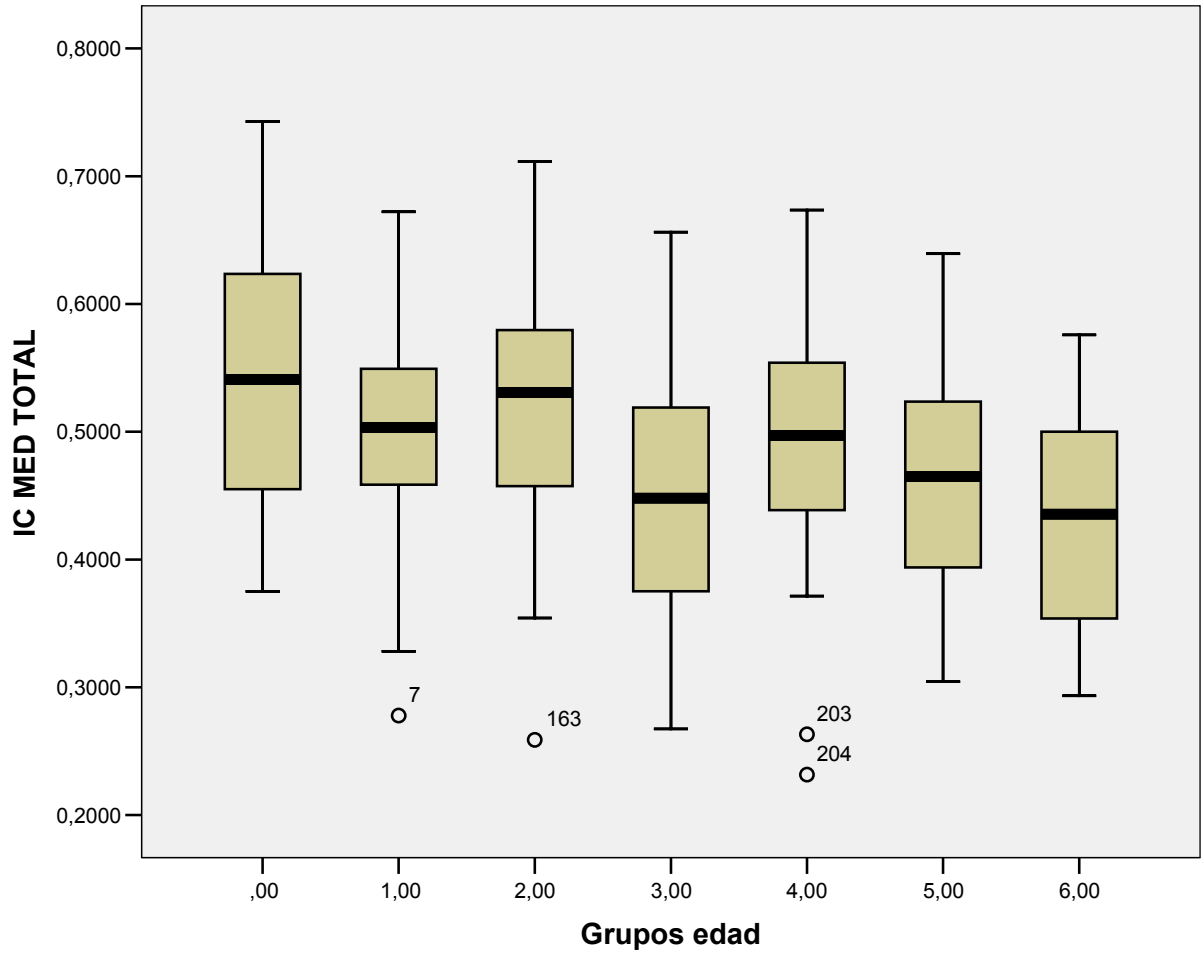


Gráfico 55. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 total a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

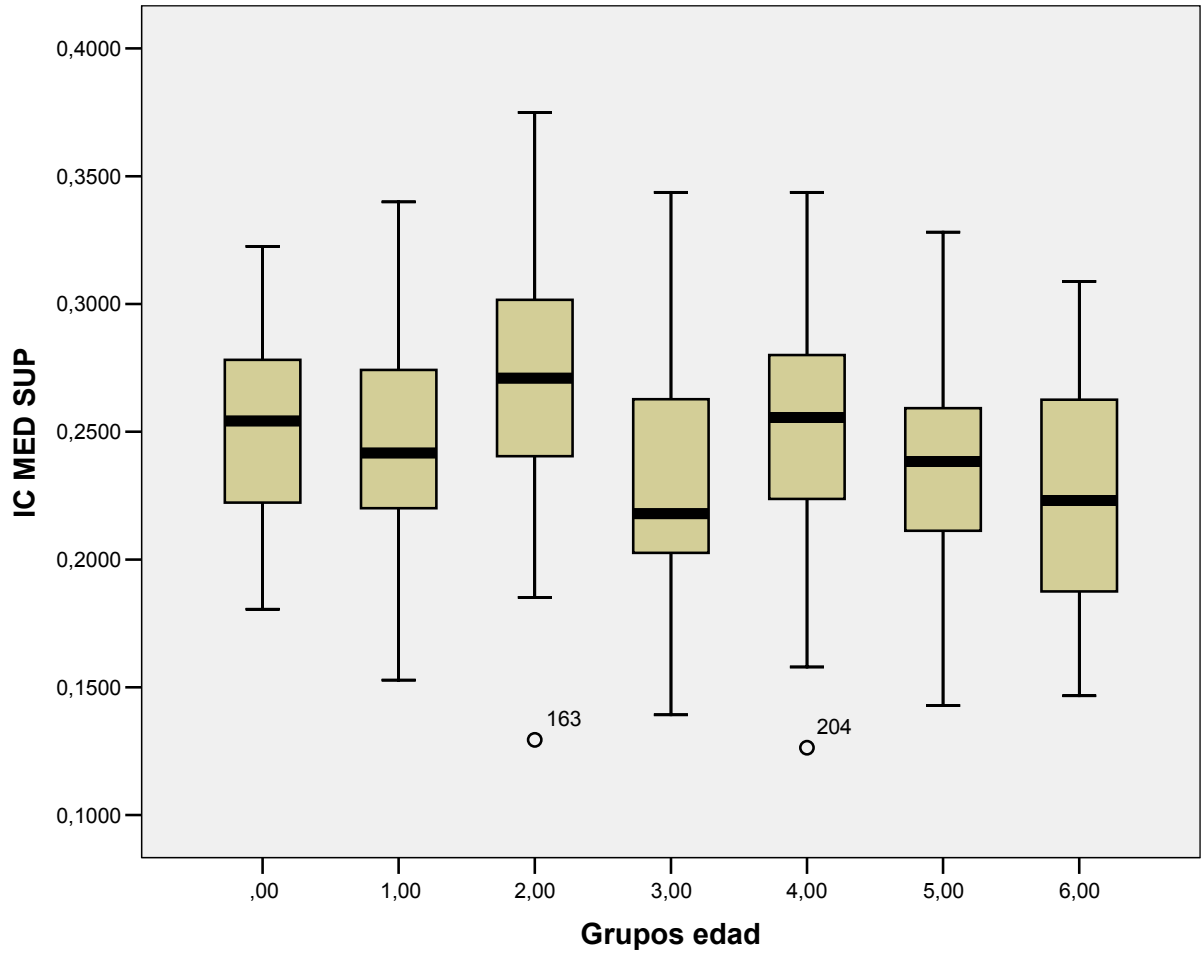


Gráfico 56. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 superior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

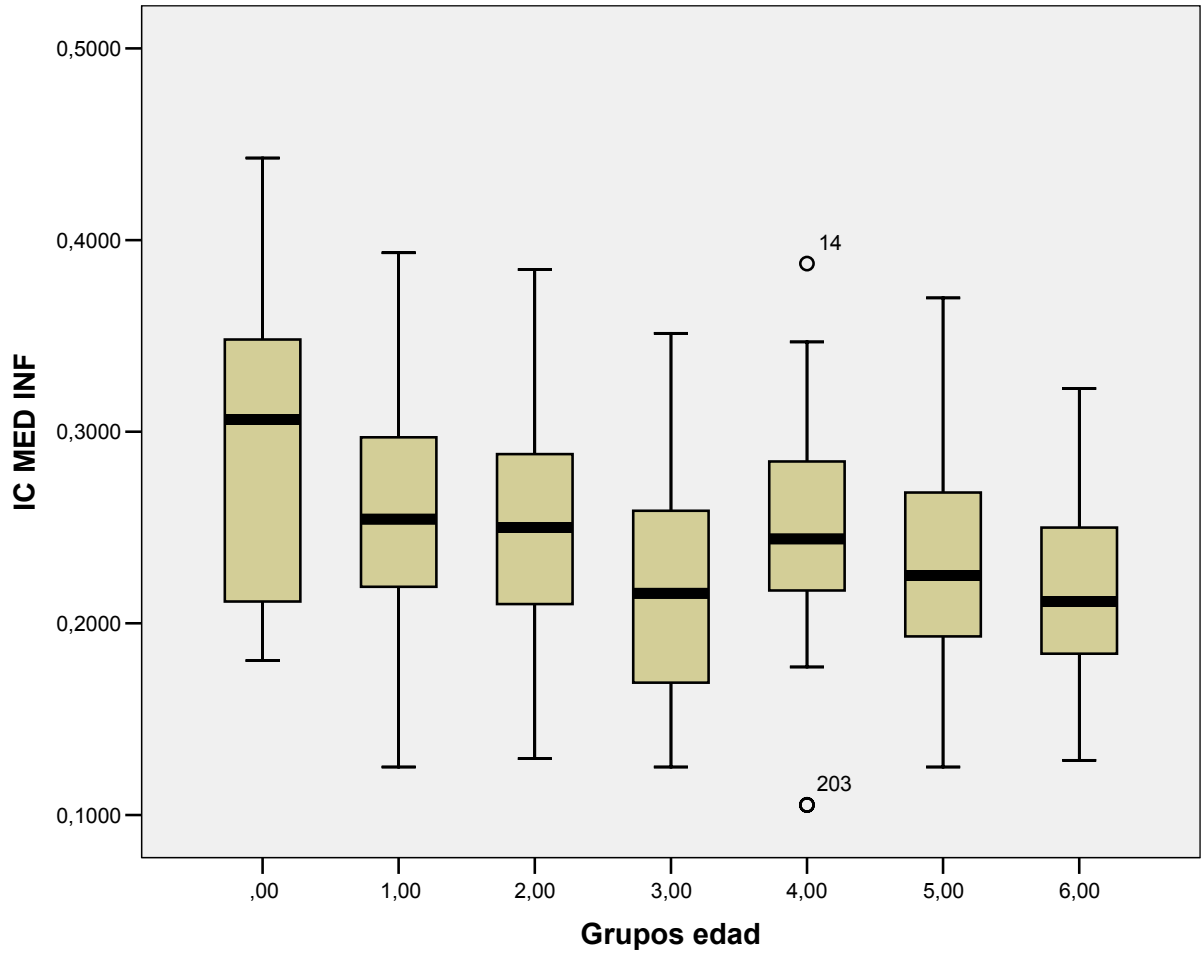


Gráfico 57. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 inferior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

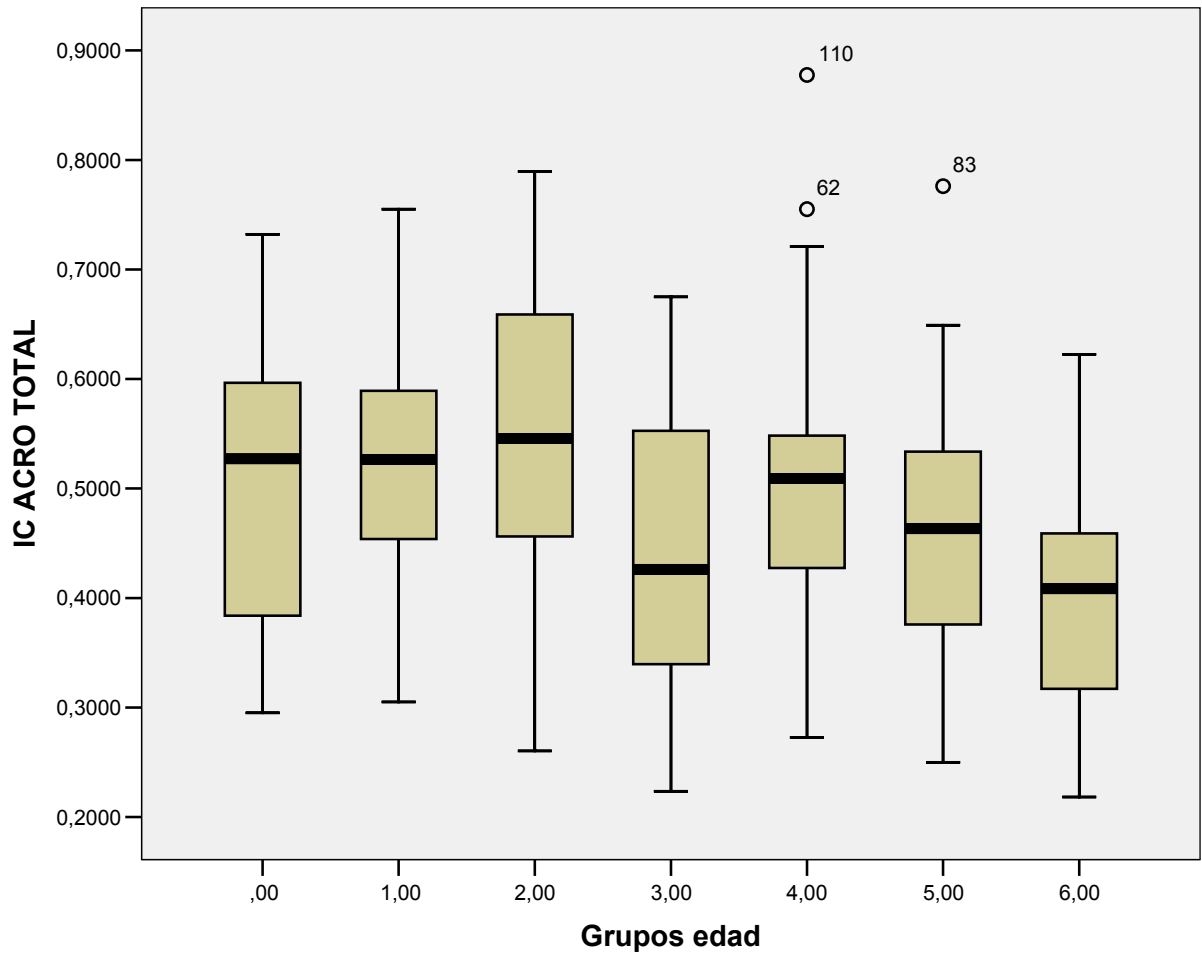


Gráfico 58. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 total a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

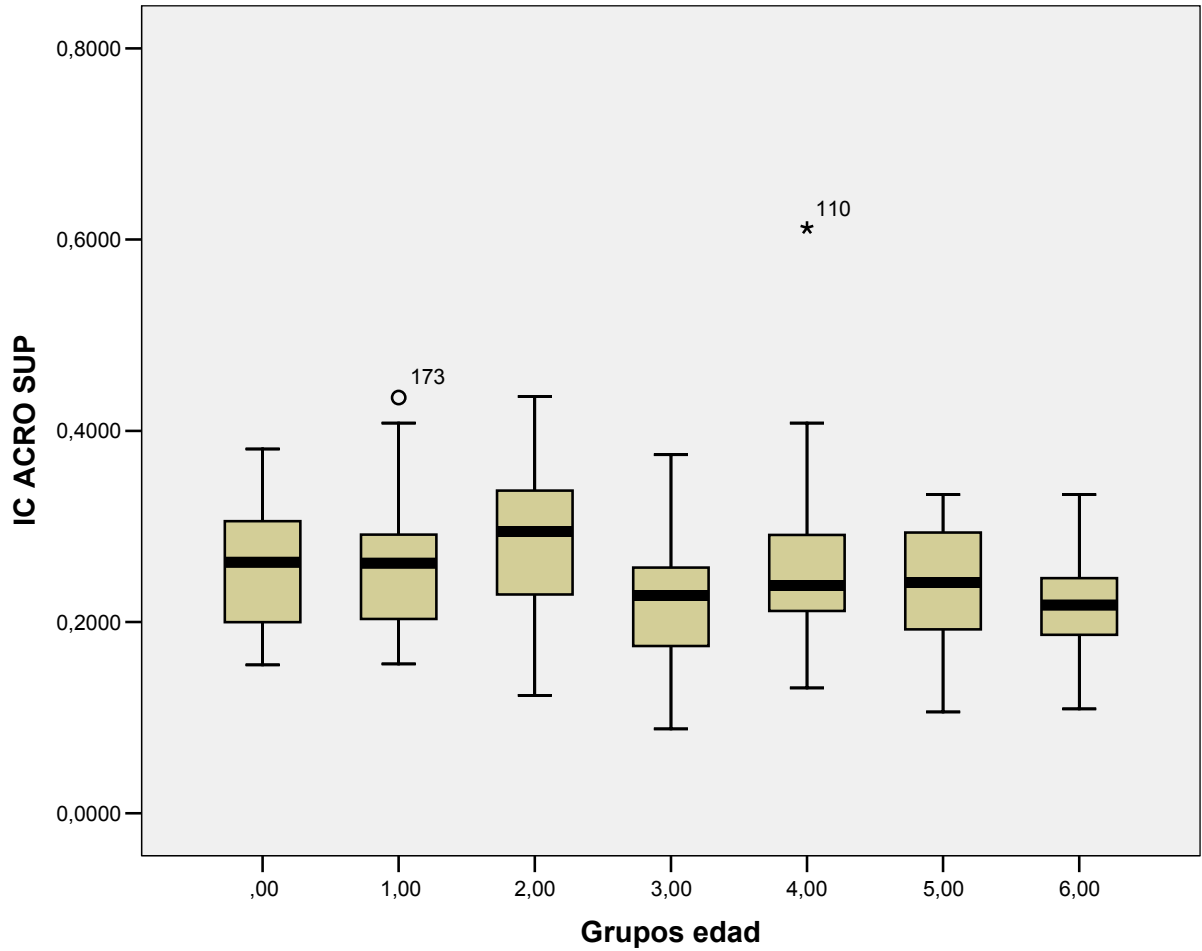


Gráfico 59. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 superior a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

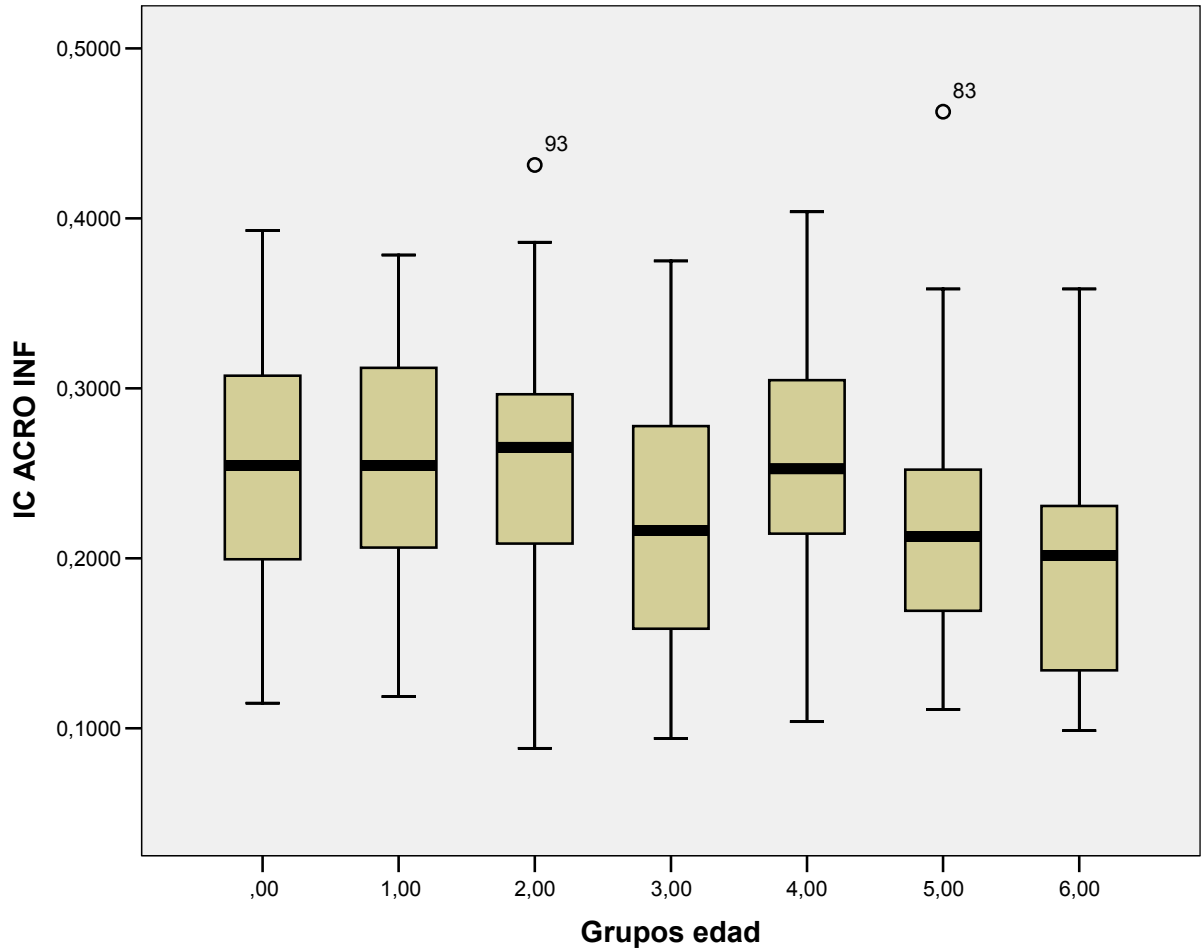


Gráfico 60. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 inferior a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

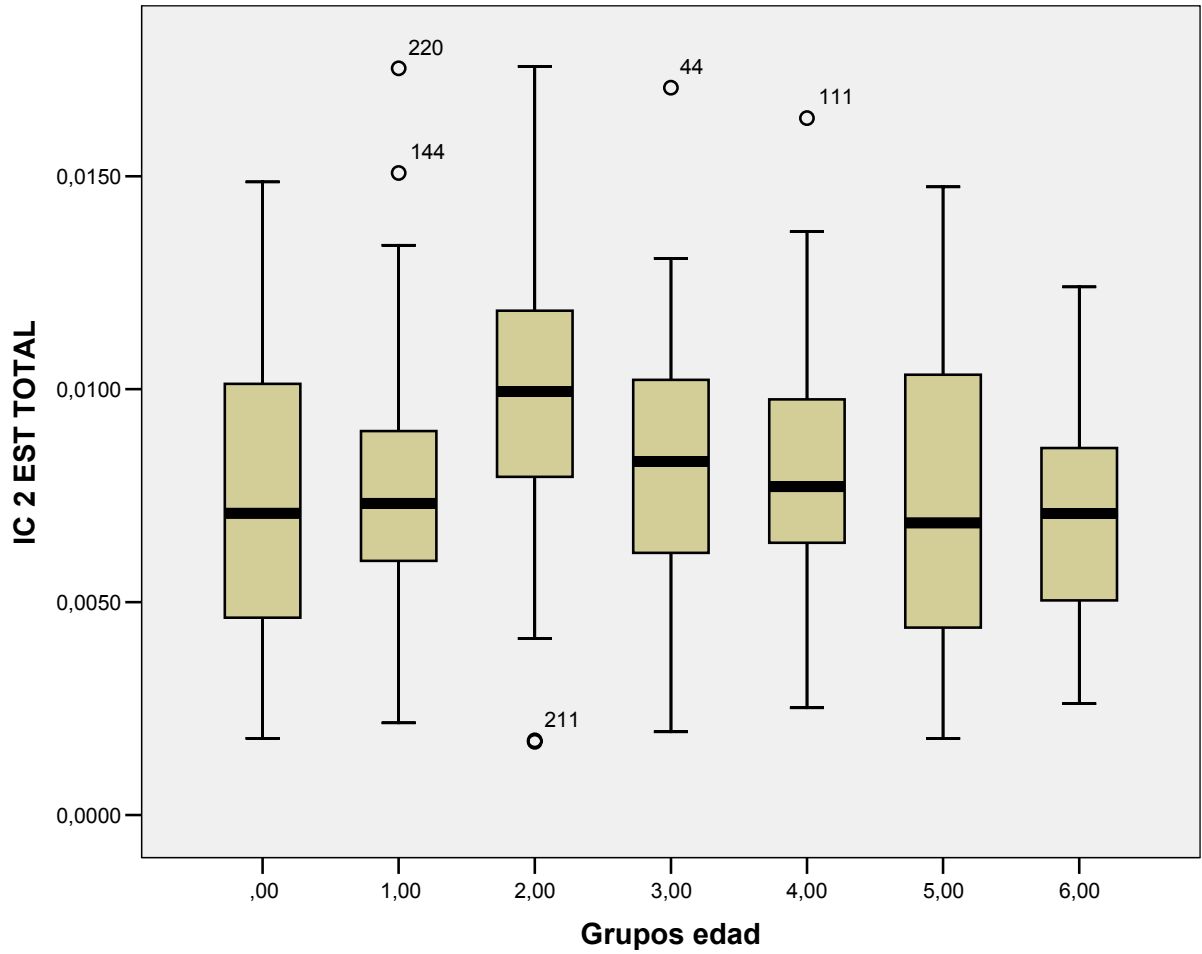


Gráfico 61. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 total a nivel de extremidad esternal. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

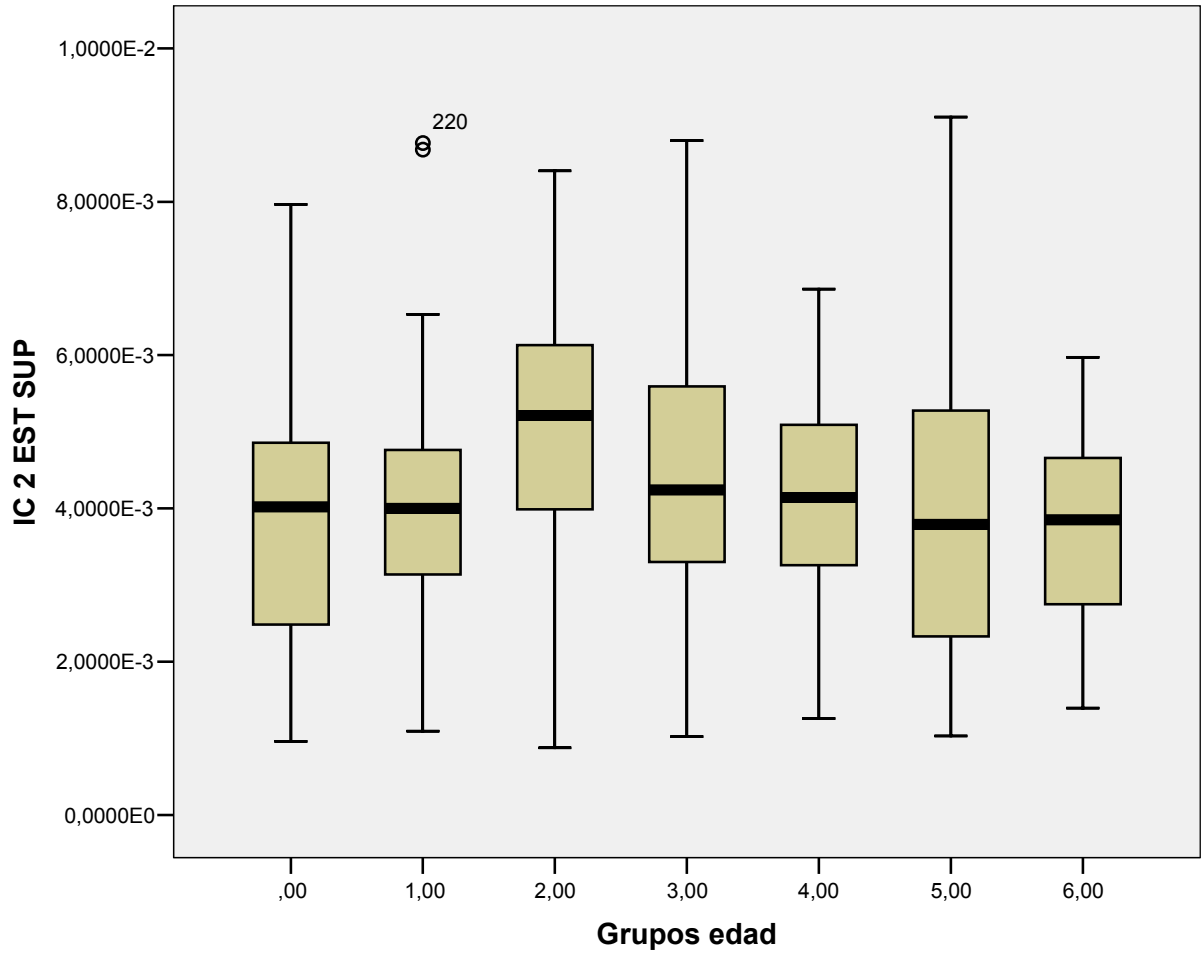


Gráfico 62. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 superior a nivel de extremidad esternal. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

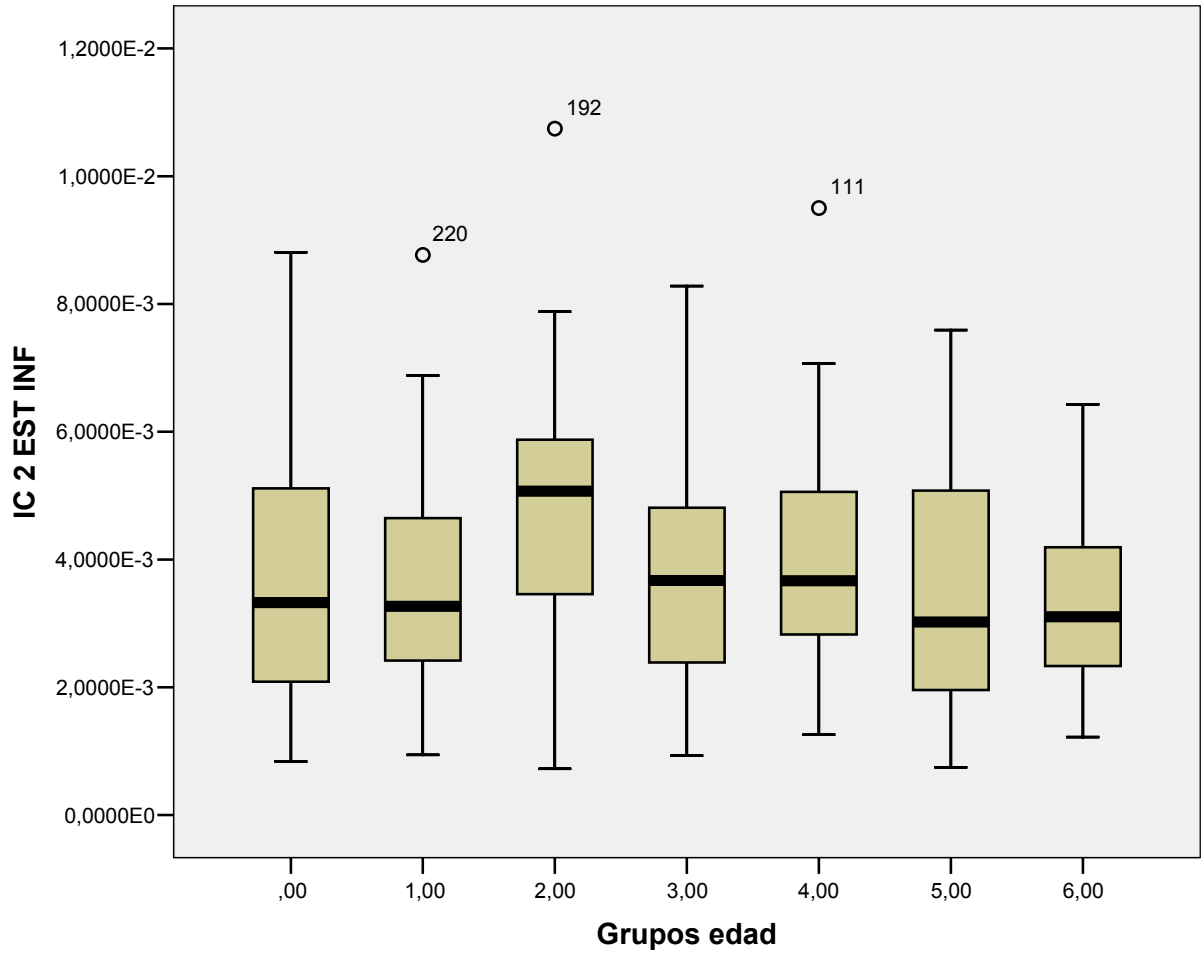


Gráfico 63. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 inferior a nivel de extremidad externa. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

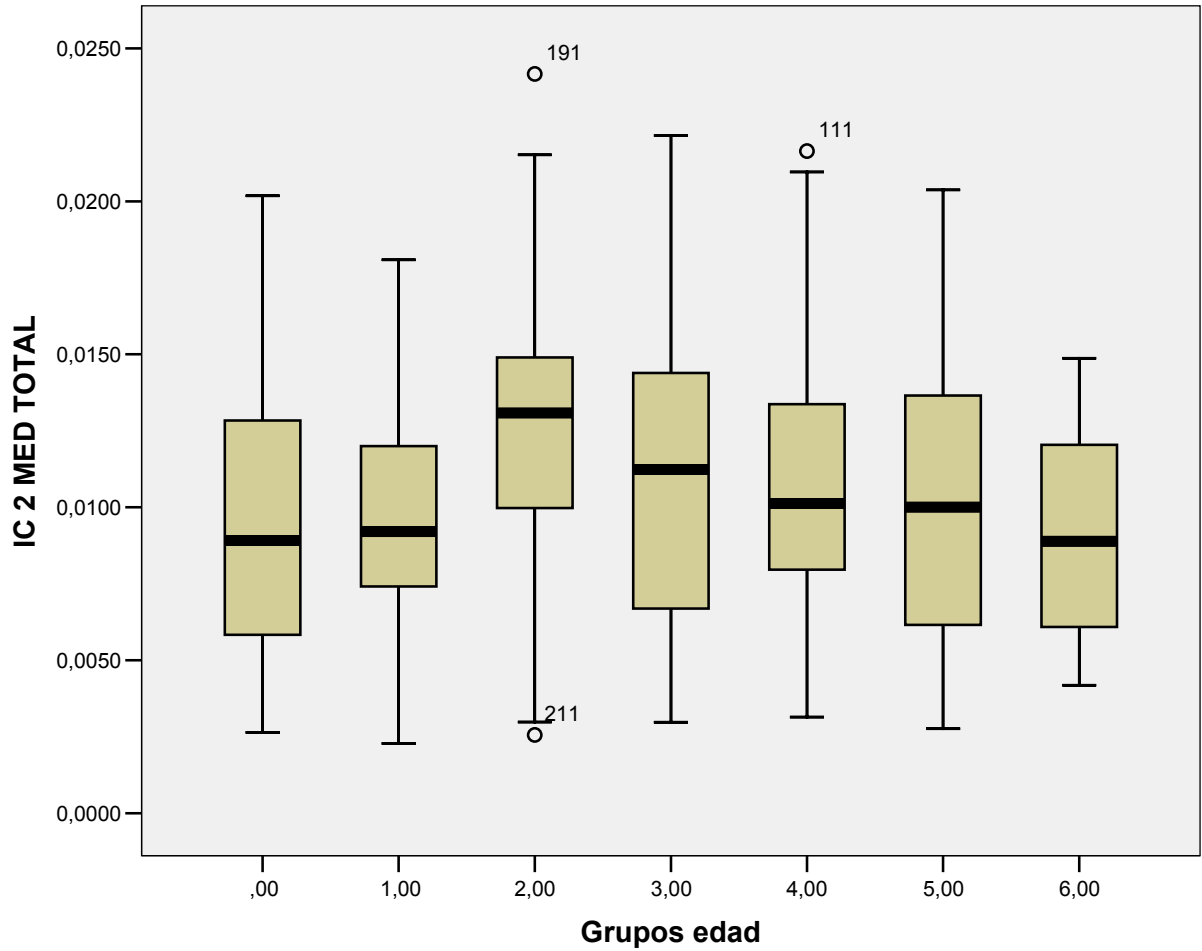


Gráfico 64. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 total a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

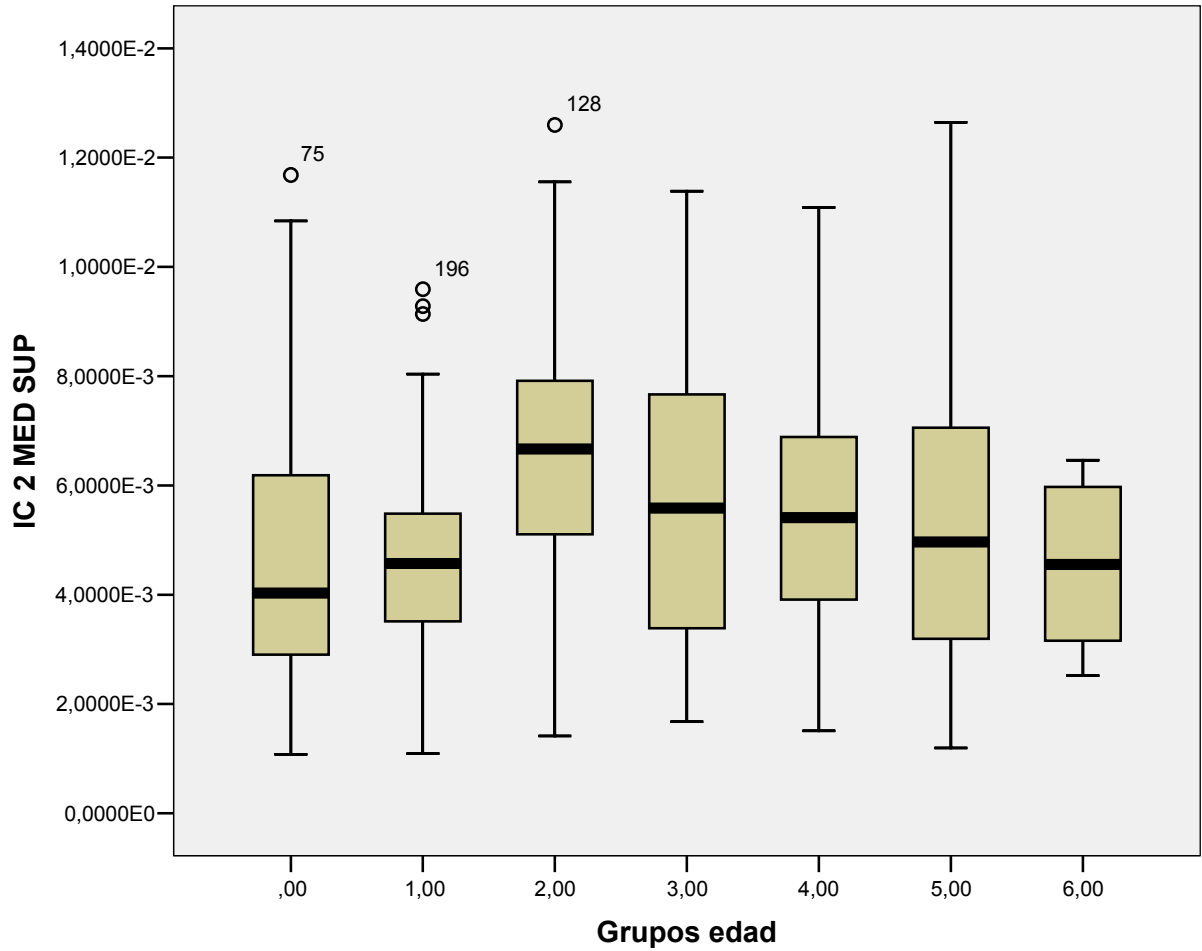


Gráfico 65. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 superior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

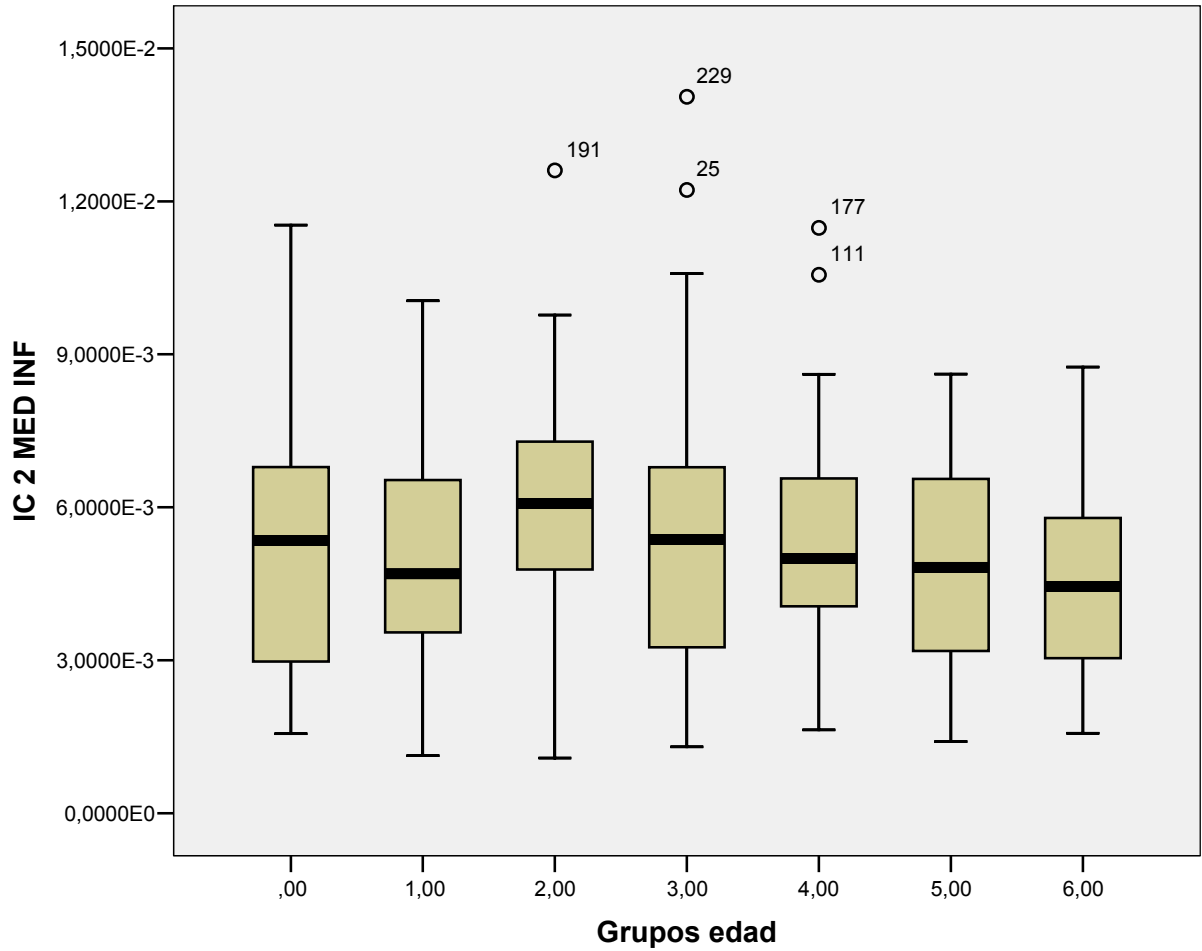


Gráfico 66. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 inferior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

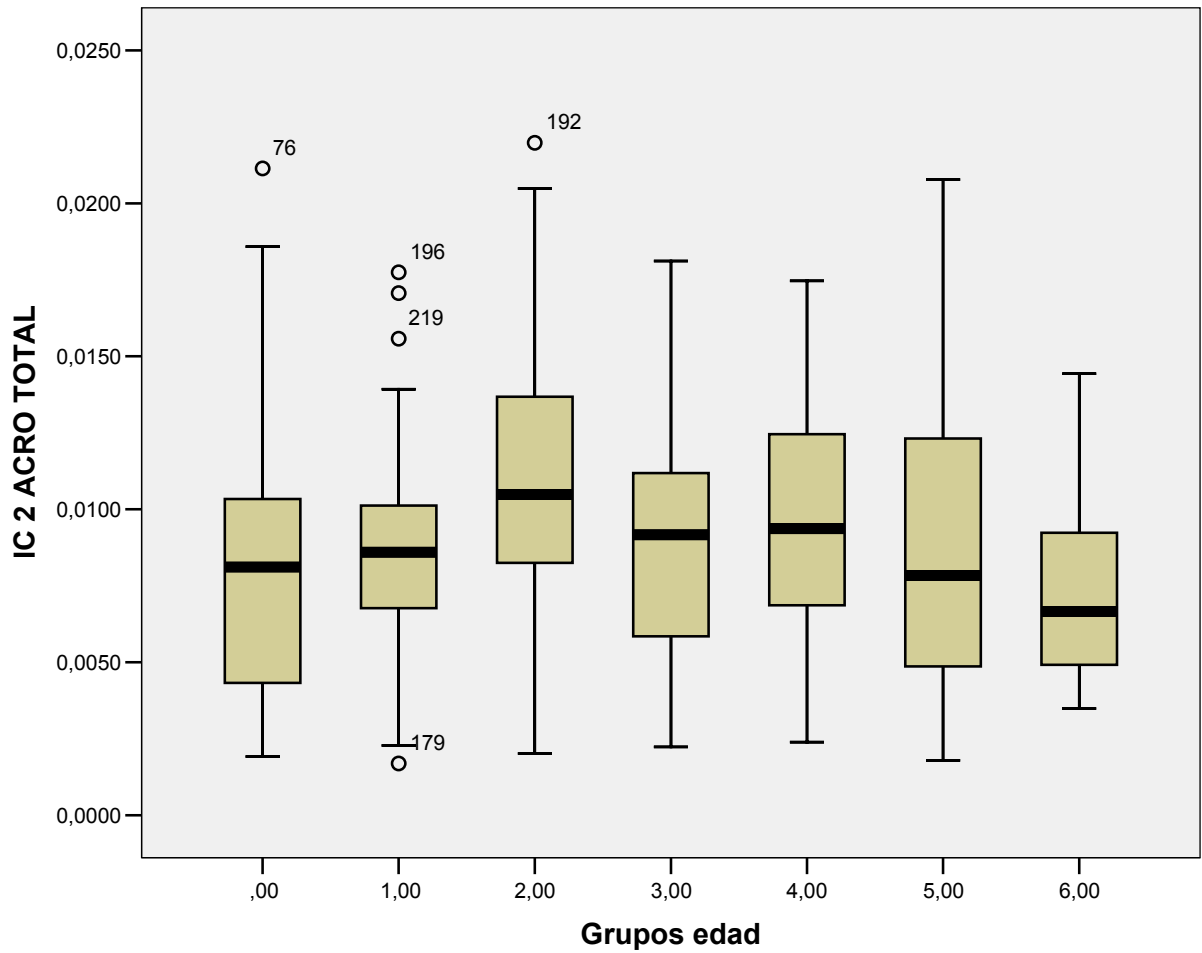


Gráfico 67. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 total a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

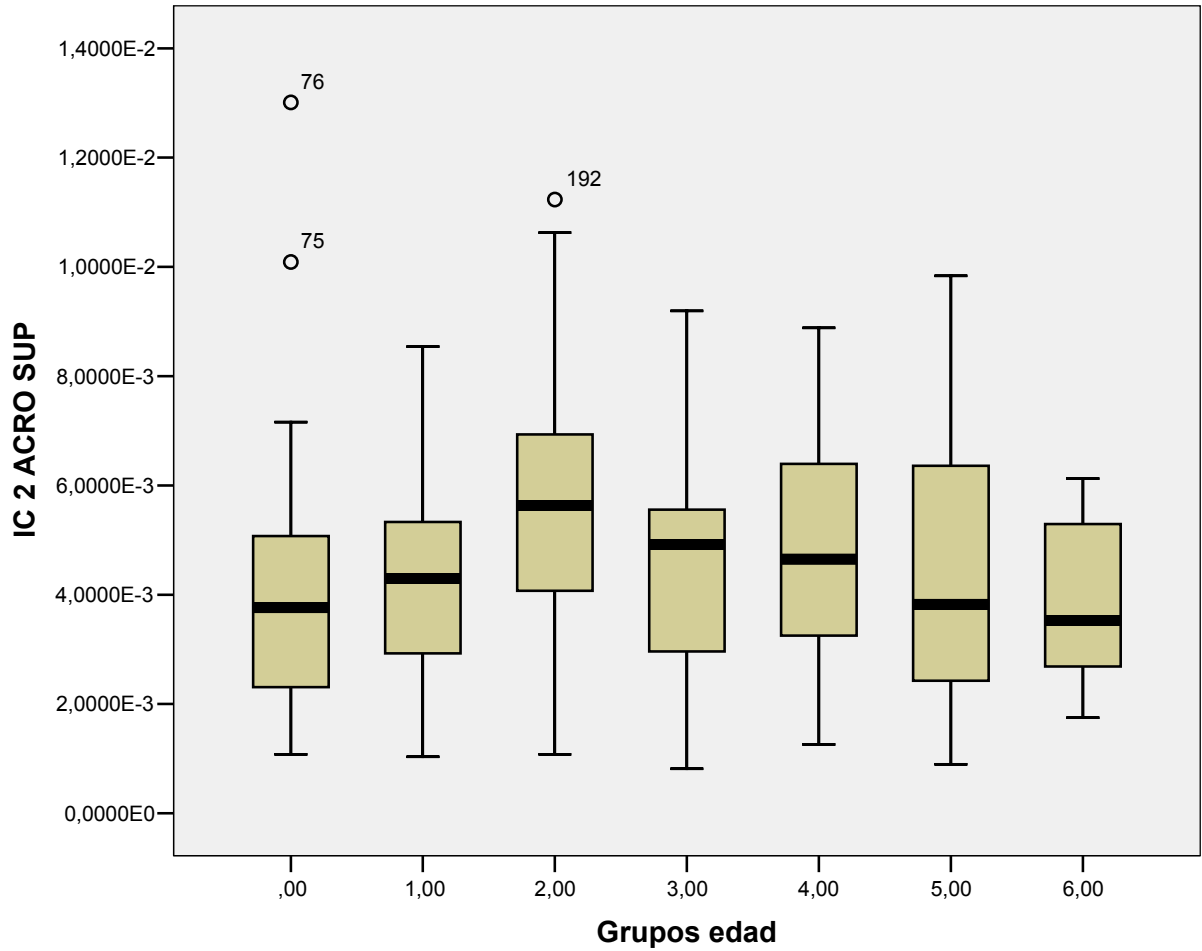


Gráfico 68. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 superior a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

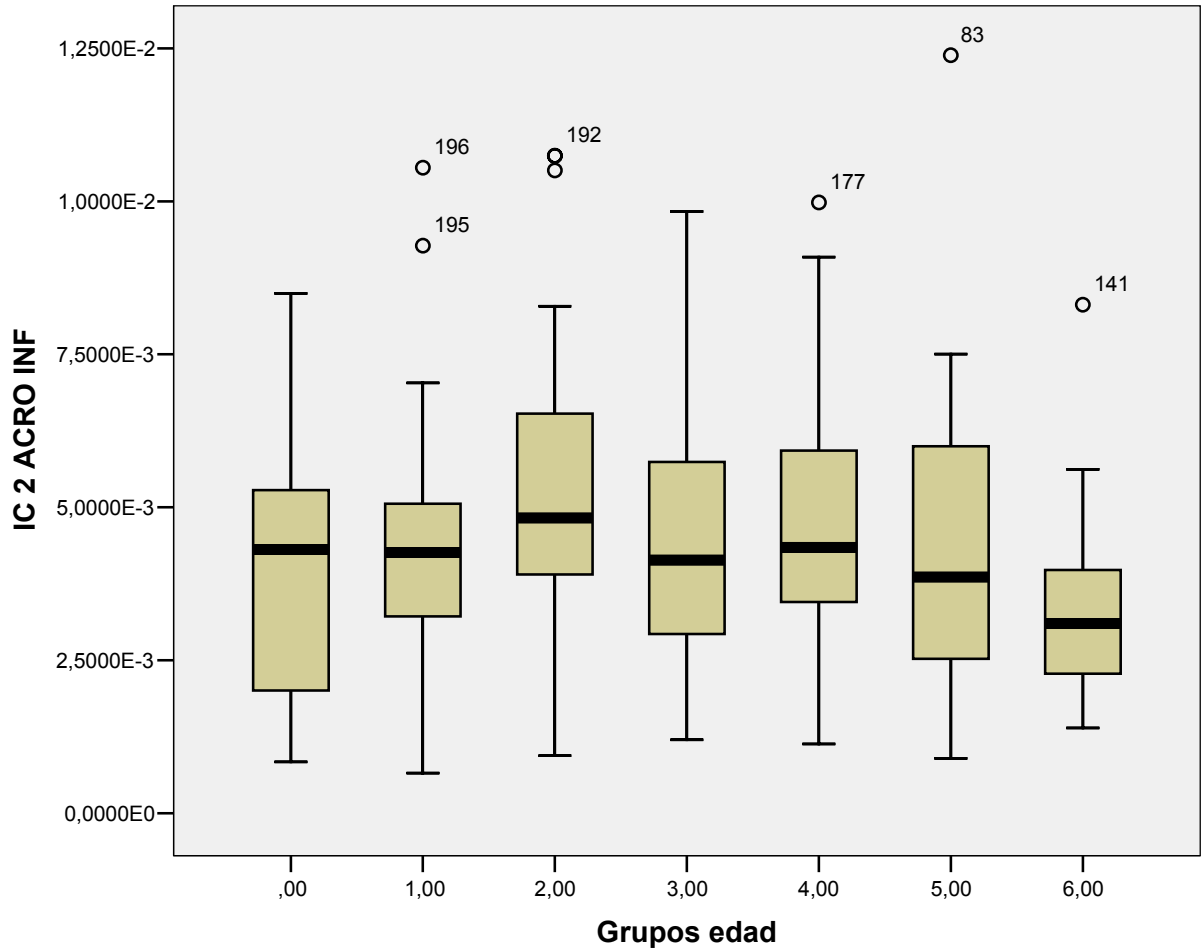


Gráfico 69. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 2 inferior a nivel de extremidad acromial. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

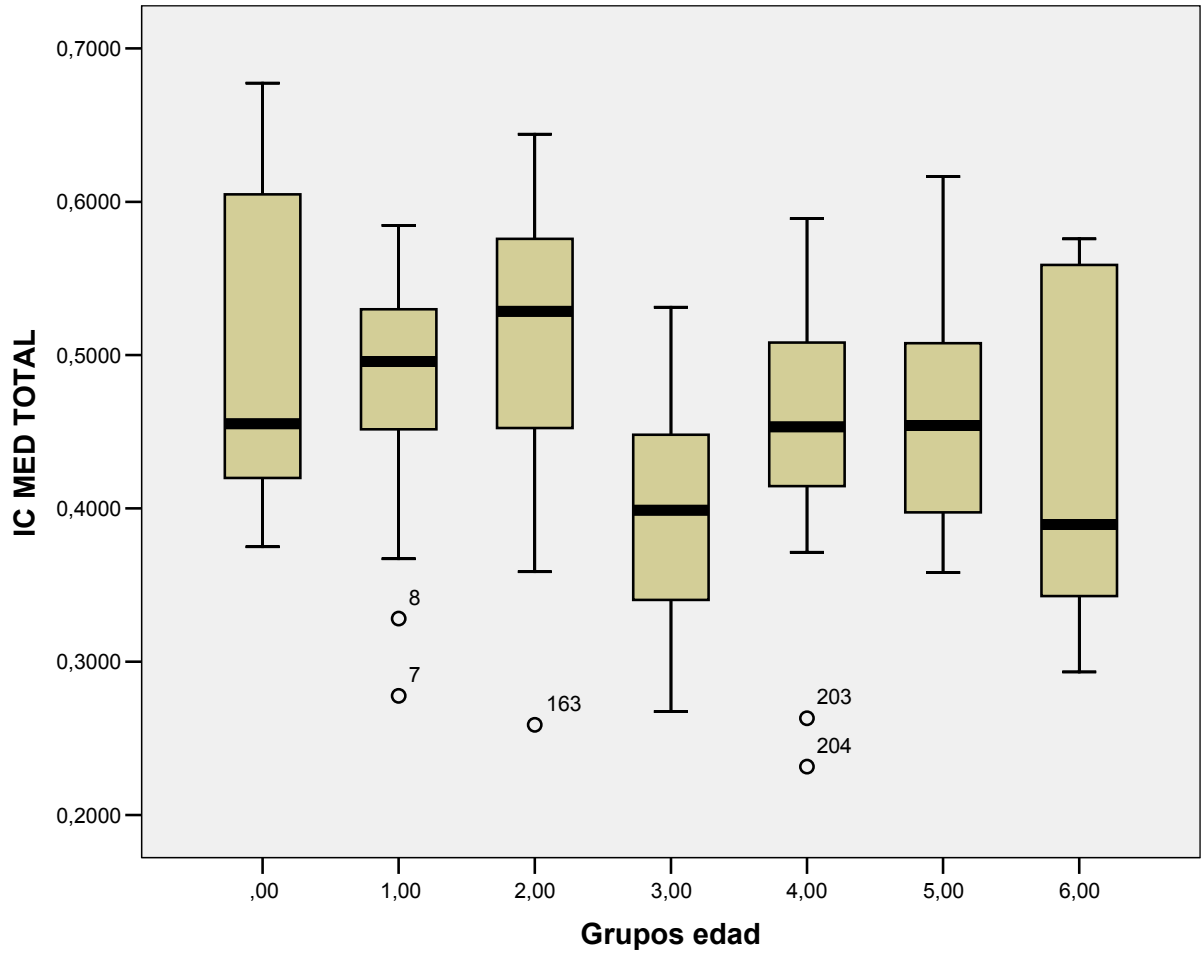


Gráfico 70. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 total a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de Hombres. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

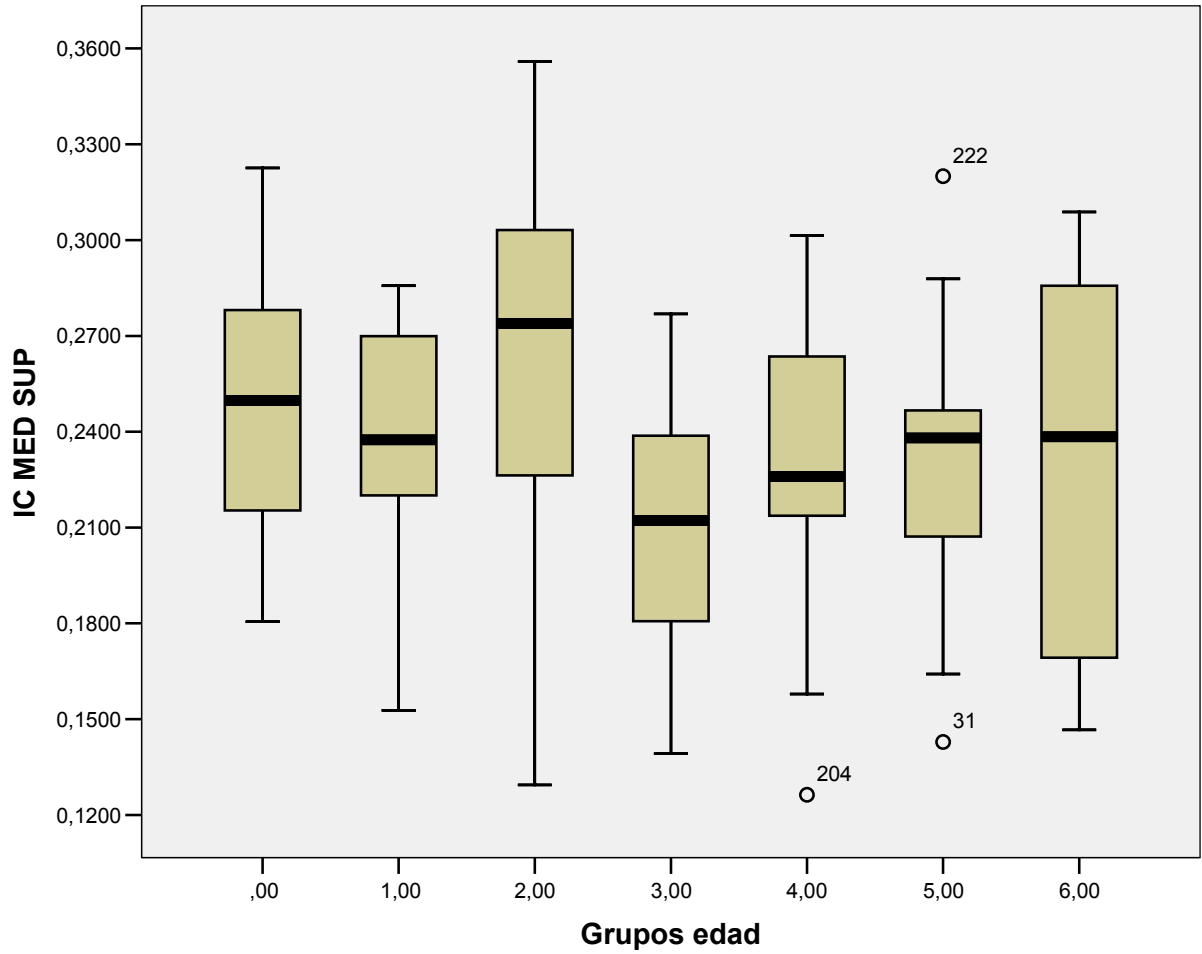


Gráfico 71. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 superior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de Hombres. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

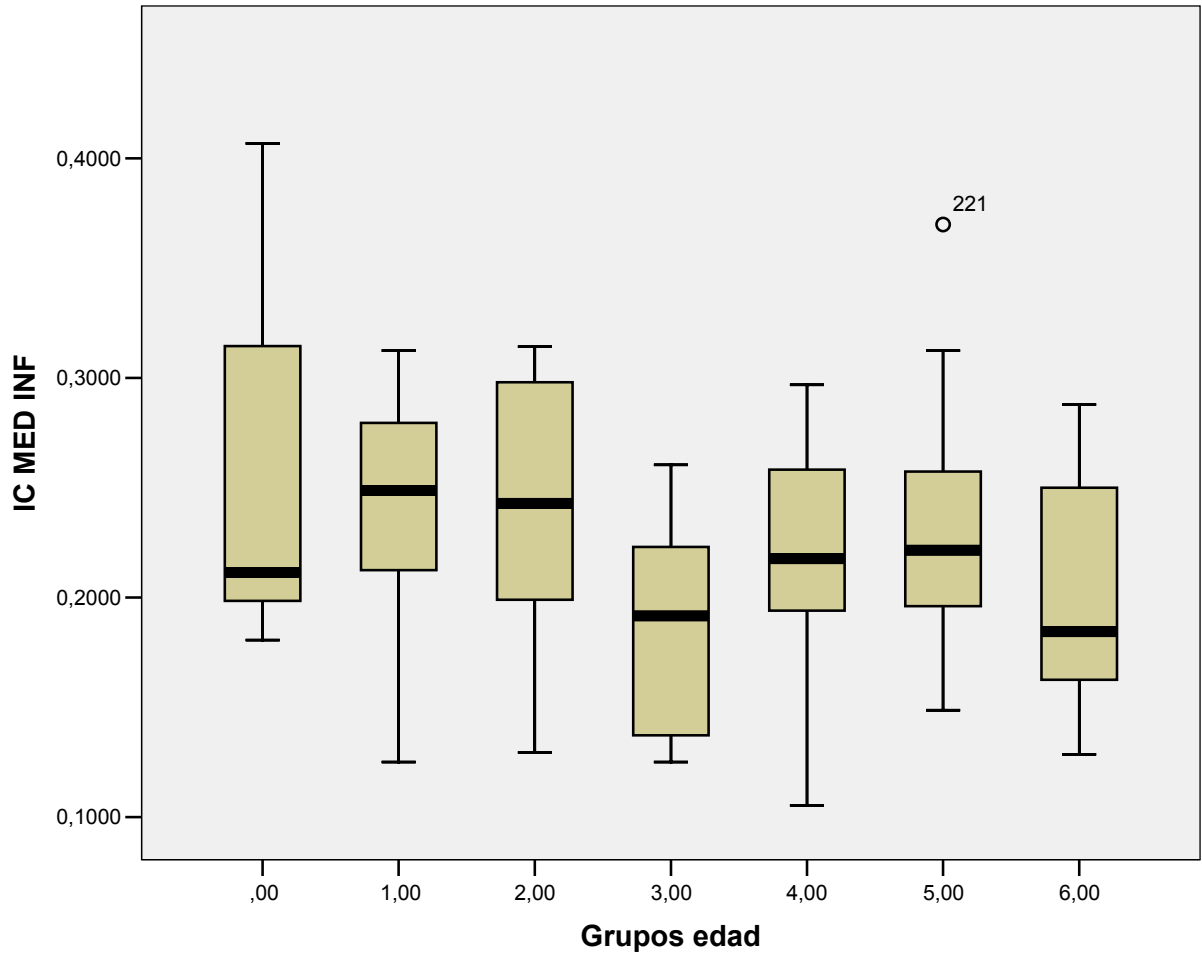


Gráfico 72. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 inferior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de ambos sexos. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

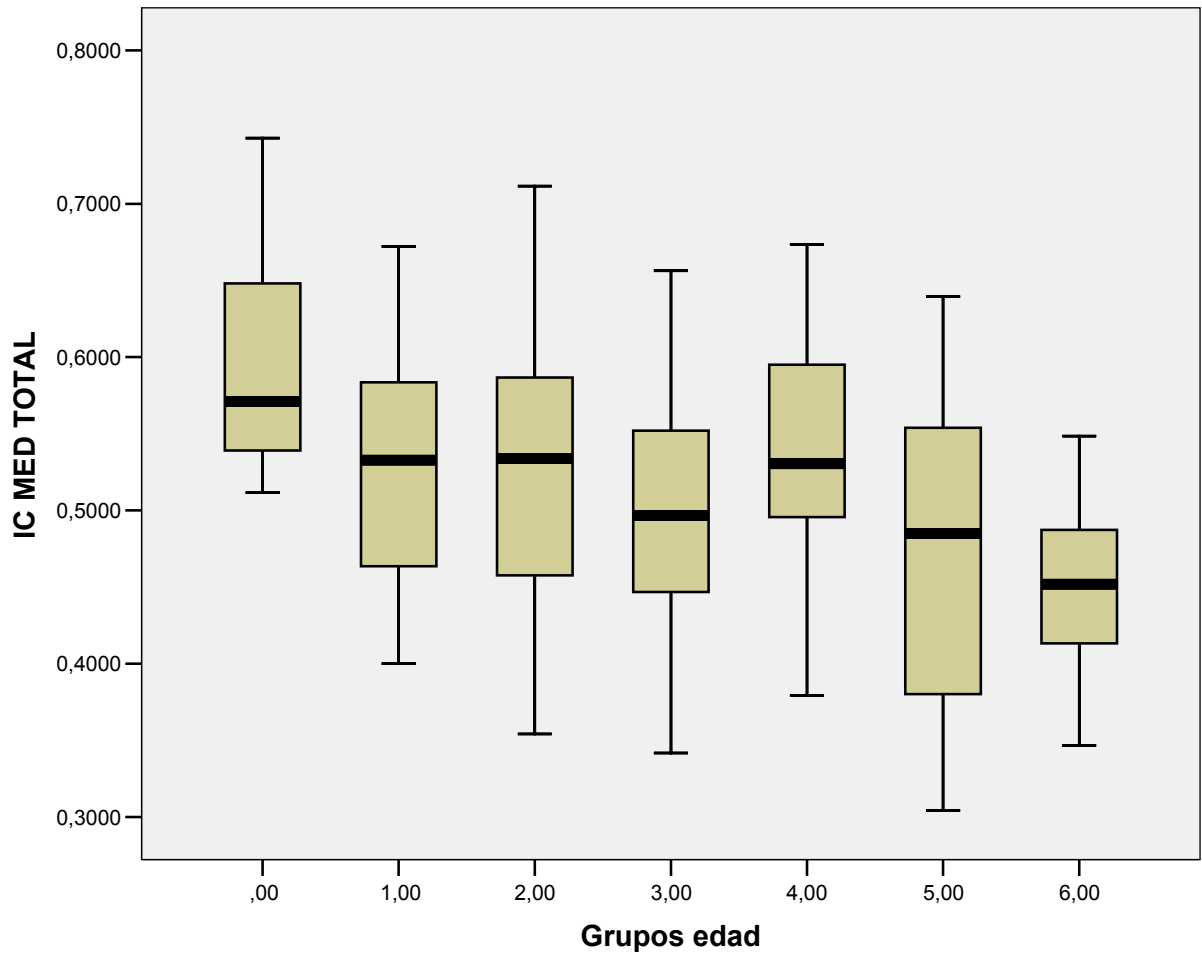


Gráfico 73. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 total a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de Mujeres. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

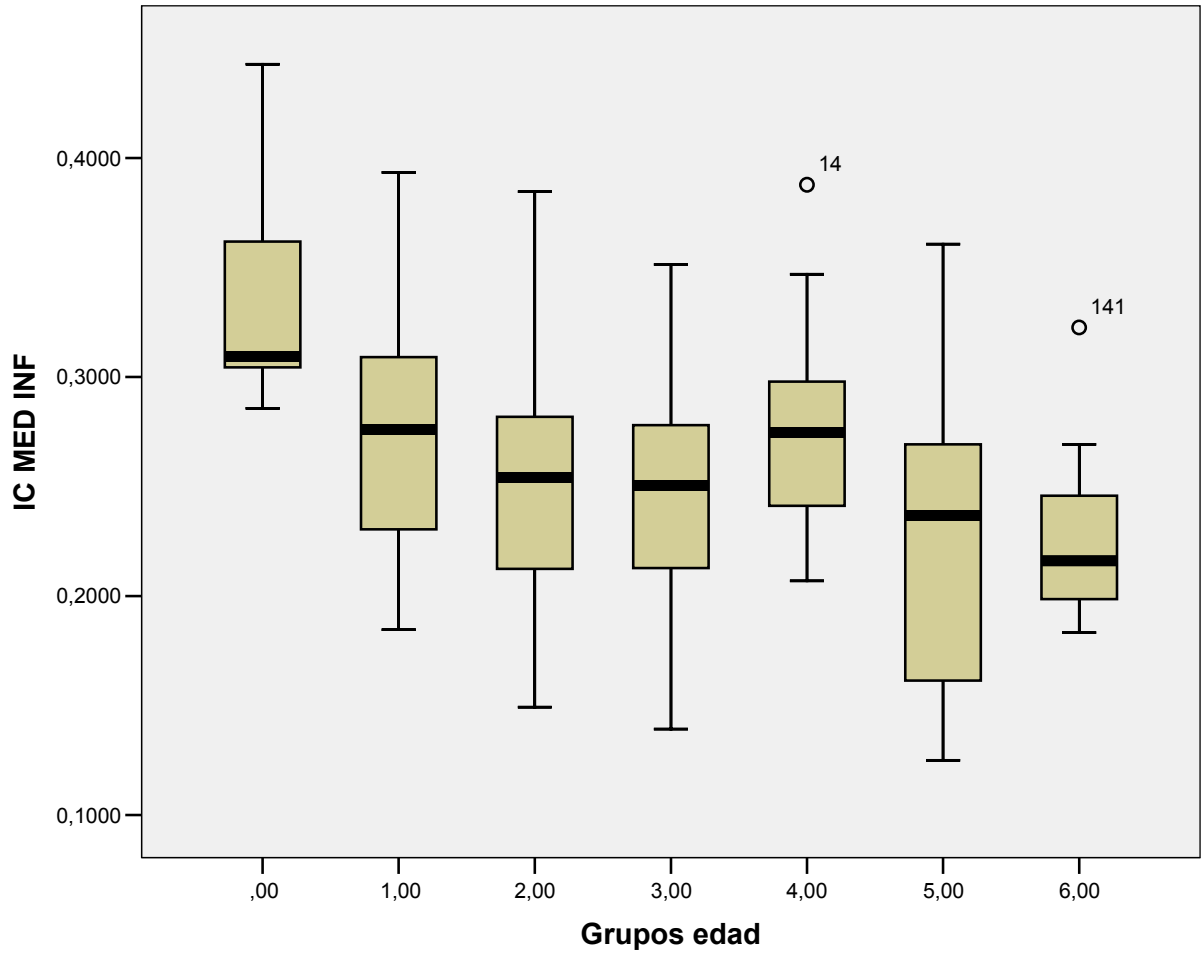


Gráfico 74. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 inferior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de Mujeres. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

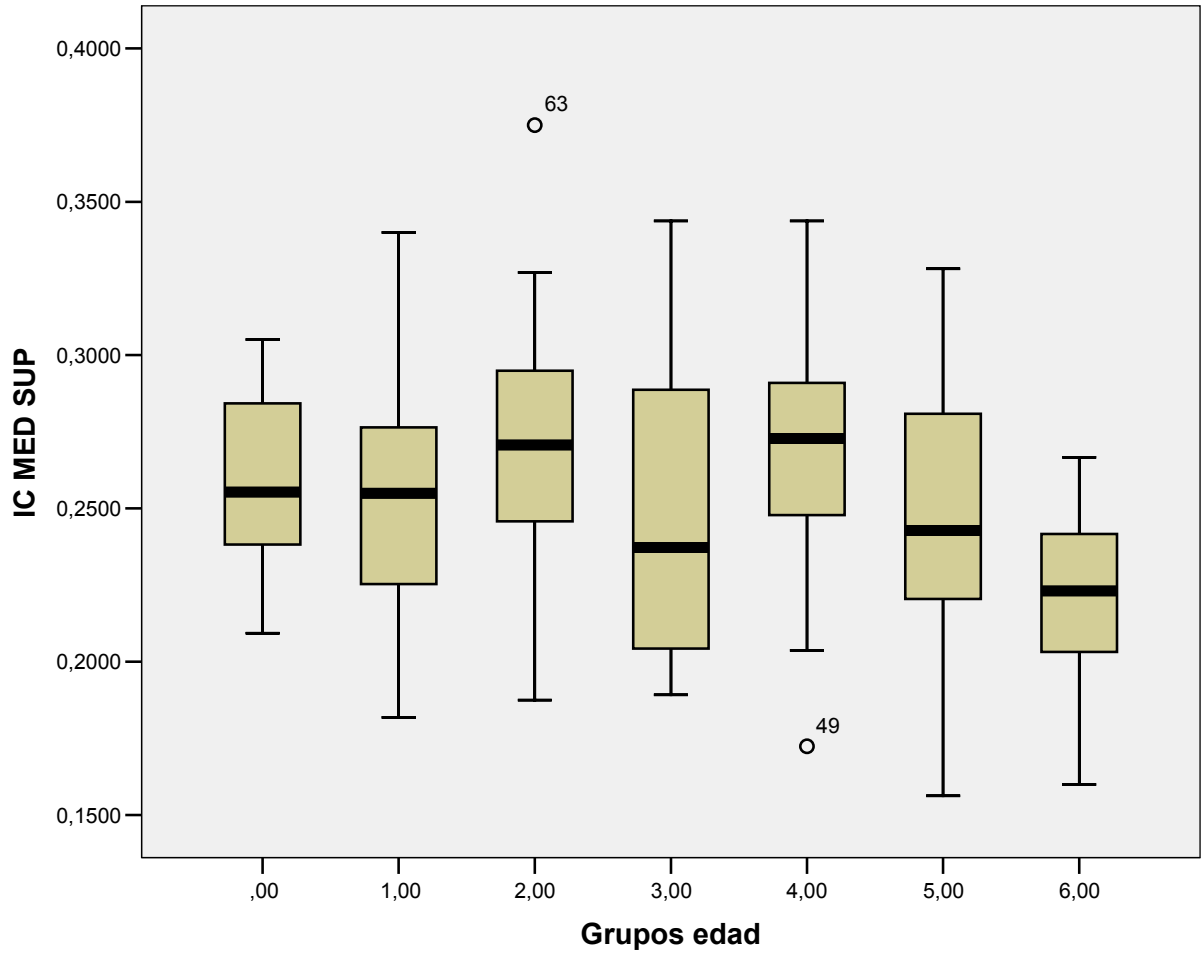


Gráfico 75. Gráfico de cajas (box-plot). Distribución de edades por grupos para el Índice Clavicular tipo 1 superior a nivel de la mitad clavicular. Grupo de población de Mujeres. Grupos de edad: 0=0-20;1=20-30;2=30-40;3=40-50;4=50-60;5=60-70;6=70-...

Ambos sexos

Grupos edad	IC ES TOTAL	IC ES SUP	IC ES INF	IC MED TOTAL	IC MED SUP	IC MED INF	IC ACRO TOTAL	IC ACRO SUP	IC ACRO INF	IC 2 EST TOTAL	IC 2 EST SUP	IC 2 EST INF	IC 2 MED TOTAL	IC 2 MED SUP	IC 2 MED INF	IC 2 ACRO TOTAL	IC 2 ACRO SUP	IC 2 ACRO INF	IC EST A-L EXT	IC MED A-L EXT	
0 - 20	Media	,375309	,192467	,182842	,547884	,253302	,294582	,507588	,256439	,251149	,007414	,003778	,003636	,010155	,004800	,005355	,008248	,004244	,004004	,020912	,018497
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Desv. Est.	,1014823	,0465063	,0622355	,1038747	,0379558	,0767369	,1335935	,0669713	,0808179	,0034213	,0016804	,0019080	,0054462	,0028014	,0028333	,0047794	,0027682	,0021586	,0114944	,0096383
	Mínimo	,1835	,1009	,0826	,3750	,1806	,1806	,2951	,1552	,1148	,0018	,0010	,0008	,0026	,0011	,0016	,0019	,0011	,0008	,0061	,0051
	Máximo	,5362	,2754	,2951	,7429	,3226	,4429	,7321	,3810	,3929	,0149	,0080	,0088	,0202	,0117	,0115	,0211	,0130	,0085	,0462	,0414
	Mediana	,360697	,198485	,182575	,541028	,254237	,306452	,527047	,262681	,254630	,007087	,004019	,003322	,008909	,004031	,005353	,008115	,003763	,004314	,020461	,017190
20 - 30	Media	,326021	,171383	,154637	,501811	,244426	,257385	,520888	,258680	,262208	,007707	,004074	,003633	,009710	,004744	,004966	,008634	,004292	,004343	,024417	,019419
	N	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Desv. Est.	,0717259	,0329151	,0480937	,0828281	,0373070	,0581190	,1076800	,0670132	,0670244	,0032019	,0016598	,0016888	,0040038	,0020006	,0021655	,0035492	,0018540	,0019257	,0104493	,0079692
	Mínimo	,1974	,1184	,0737	,2778	,1528	,1250	,3051	,1563	,1186	,0022	,0011	,0009	,0023	,0011	,0017	,0010	,0010	,0007	,0062	,0047
	Máximo	,4459	,2535	,2432	,6721	,3400	,3934	,7551	,4348	,3784	,0175	,0088	,0088	,0181	,0096	,0100	,0177	,0085	,0106	,0511	,0403
	Mediana	,325128	,169781	,157840	,503425	,241682	,254435	,526583	,261663	,254630	,007323	,004003	,003270	,009201	,004570	,004695	,008602	,004300	,004259	,023120	,017456
30 - 40	Media	,338532	,172568	,165964	,516309	,268168	,248141	,545319	,285606	,259712	,009881	,005062	,004819	,012638	,006531	,006106	,011051	,005767	,005284	,030590	,025237
	N	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Desv. Est.	,0825560	,0375048	,0542841	,0933488	,0488023	,0585100	,1275173	,0736625	,0703886	,0035329	,0017613	,0019978	,0045060	,0023315	,0023648	,0043215	,0022983	,0022845	,0123157	,0095570
	Mínimo	,1857	,1000	,0753	,2588	,1294	,1294	,2603	,1233	,0882	,0017	,0009	,0007	,0026	,0014	,0011	,0020	,0011	,0009	,0049	,0040
	Máximo	,4918	,2656	,2787	,7115	,3750	,3846	,7895	,4314	,0176	,0084	,0107	,0084	,0242	,0126	,0220	,0112	,0107	,0107	,0635	,0422
	Mediana	,333024	,170593	,157670	,530835	,270979	,250000	,545894	,294600	,265409	,009939	,005214	,005071	,013082	,006668	,006075	,010480	,005635	,004825	,029632	,023783
40 - 50	Media	,306151	,161974	,144177	,446180	,229237	,216943	,444176	,222057	,222119	,008082	,004284	,003798	,011172	,005710	,005461	,008872	,004429	,004443	,027428	,025313
	N	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Desv. Est.	,0709029	,0362628	,0424942	,0941616	,0472925	,0598725	,1227555	,0607503	,0766035	,0031948	,0016930	,0016810	,0053548	,0026542	,0029569	,0039575	,0018787	,0022572	,0114161	,0112822
	Mínimo	,1712	,0991	,0680	,2674	,1392	,1250	,2235	,0882	,0941	,0020	,0010	,0009	,0030	,0017	,0013	,0022	,0008	,0012	,0053	,0060
	Máximo	,4478	,2344	,2239	,6563	,3438	,3514	,6750	,3750	,3750	,0171	,0088	,0083	,0222	,0114	,0141	,0181	,0092	,0098	,0509	,0504
	Mediana	,304280	,166667	,138889	,448019	,217891	,215800	,426322	,227630	,216388	,008306	,004242	,003670	,011239	,005586	,005370	,009169	,004918	,004138	,026402	,025956
50 - 60	Media	,322430	,168673	,153757	,494457	,248110	,246347	,514378	,258423	,255956	,008249	,004266	,003983	,011080	,005601	,005479	,009526	,004757	,004770	,026308	,023280
	N	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Desv. Est.	,0570831	,0339113	,0350393	,0931342	,0449043	,0563432	,1220237	,0871184	,0599350	,0028467	,0013537	,0016936	,0042653	,0022205	,0021488	,0034871	,0018757	,0019387	,0099601	,0100677
	Mínimo	,1882	,0588	,0729	,2316	,1263	,1053	,2727	,1311	,1039	,0025	,0013	,0013	,0015	,0016	,0024	,0013	,0011	,0068	,0060	
	Máximo	,4627	,2239	,2388	,6735	,3438	,3878	,8776	,6122	,4038	,0164	,0069	,0095	,0216	,0111	,0115	,0175	,0089	,0100	,0565	,0486
	Mediana	,322210	,170221	,154521	,496988	,255654	,244019	,509262	,238095	,252660	,007707	,004141	,003665	,010127	,005408	,004997	,009367	,004651	,004347	,024576	,020462
60 - 70	Media	,325870	,169888	,155981	,466105	,236501	,229604	,463252	,236202	,227050	,007565	,003941	,003624	,010096	,005194	,004902	,008744	,004424	,004320	,023828	,021816
	N	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Desv. Est.	,0869087	,0404017	,0561039	,0866821	,0428767	,0604666	,1211652	,0659865	,0715052	,0036620	,0019002	,0019443	,0044974	,0025398	,0021633	,0043834	,0022457	,0023425	,0122566	,0097858
	Mínimo	,1687	,0843	,0784	,3043	,1429	,1250	,2500	,1061	,1111	,0018	,0010	,0007	,0028	,0012	,0014	,0018	,0009	,0009	,0058	,0052
	Máximo	,5077	,2424	,2923	,6393	,3281	,3699	,7761	,3333	,4627	,0148	,0091	,0076	,0204	,0126	,0086	,0208	,0098	,0124	,0663	,0520
	Mediana	,309251	,164414	,134234	,464901	,238451	,225036	,463164	,241338	,212955	,006857	,003795	,003021	,010007	,004968	,004823	,007831	,003825	,003861	,022676	,022124
70 - ...	Media	,290122	,154360	,135762	,439145	,224601	,214544	,407563	,215456	,192108	,007137	,003765	,003372	,009067	,004574	,004493	,007299	,003852	,003447	,025008	,020587
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	Desv. Est.	,0621100	,0349956	,0334212	,0831149	,0457144	,0490075	,1115430	,0566815	,0652719	,0024643	,0012011	,0013666	,0030807	,0013923	,0017912	,0028476	,0014279	,0016158	,0085441	,0057767
	Mínimo	,1765	,0941	,0824	,2933	,1467	,1286	,2182	,1091	,0986	,0026	,0014	,0012	,0042	,0025	,0016	,0035	,0017	,0014	,0130	,0113
	Máximo	,4179	,2239	,2034	,5758	,3088	,3226	,6226	,3333	,3585	,0124	,0060	,0064	,0149	,0065	,0087	,0144	,0061	,0083	,0445	,0333
	Mediana	,283371	,150924	,131266	,435577	,223073	,211396	,408421	,217766	,201563	,007075	,003850	,003103	,008895	,004559	,004444	,006653	,003525	,003105	,024241	,020509
Total	Media	,325814	,169897	,155917	,487012	,244220	,242792	,490524	,249322	,241202	,008107	,004222	,003885	,010695	,005395	,005300	,009072	,004607	,004465	,025833	,022355
	N	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246
	Desv. Est.	,0785390	,0379500	,0492754	,0957586	,0454954	,0633457	,1270208	,0725534	,0726894	,0033182	,0016776	,0018155	,0046069	,0023965	,0023991	,0040475	,0021263	,0021462	,0113226	,0096947
	Mínimo	,1687	,0588	,0680	,2316	,1263	,1053	,2182	,1082	,0882	,0017	,0009	,0007	,0023	,0011	,0011	,0017	,0008	,0007	,0049	,0040
	Máximo	,5362	,2754	,2951	,7429	,3226	,4429	,7761	,6122	,4627	,0176	,0091	,0107	,0242	,0126	,0141	,0220	,0130	,0124	,0663	,0520
	Mediana	,316123	,168923	,150384	,490897	,245614	,238451	,492063	,240741	,238613	,007820	,004141	,003621	,010329	,005158	,005135	,008850	,004469	,004228	,024393	,020827

Tabla 57. Datos Estadísticos de índices claviculares por edad en grupo de ambos sexos.

Hombres

Grupos edad	IC ES TOTAL	IC ES SUP	IC ES INF	IC MED TOTAL	IC MED SUP	IC MED INF	IC ACRO TOTAL	IC ACRO SUP	IC ACRO INF	IC 2 EST TOTAL	IC 2 EST SUP	IC 2 EST INF	IC 2 MED TOTAL	IC 2 MED SUP	IC 2 MED INF	IC 2 ACRO TOTAL	IC 2 ACRO SUP	IC 2 ACRO INF		
0 - 20	Media N Desv. Est Mínimo Máximo Mediana	,333619 12 ,1014866 ,1835 ,5362 ,314856	,177270 12 ,0484909 ,1009 ,2754 ,173508	,156349 12 ,0555074 ,0826 ,2609 ,141617	,500438 12 ,1071128 ,0438901 ,1806 ,3226 ,455152	,248252 12 ,0754891 ,1806 ,4068 ,211403	,252186 12 ,1496079 ,2951 ,7143 ,545114	,510163 12 ,0775617 ,0861853 ,1552 ,3810 ,281746	,266913 12 ,0775617 ,0861853 ,1552 ,3810 ,281746	,243250 12 ,0032451 ,0018137 ,0015529 ,0016 ,0020 ,003305	,007306 12 ,0018137 ,0015529 ,0016 ,0020 ,003305	,003903 12 ,0015529 ,0016 ,0020 ,003305	,003402 12 ,0052374 ,0030942 ,0022574 ,0020 ,008269	,010229 12 ,0030942 ,0022574 ,0020 ,008269	,005227 12 ,0022574 ,0020 ,008269	,005002 12 ,0058158 ,0034225 ,0025421 ,0025 ,004476	,009148 12 ,0034225 ,0025421 ,0025 ,004476	,004874 12 ,0025421 ,0025 ,004476	,004273 12 ,0025421 ,0025 ,004476	
20 - 30	Media N Desv. Est Mínimo Máximo Mediana	,297166 20 ,0669367 ,1974 ,4366 ,276421	,159948 20 ,0333867 ,1184 ,2535 ,157261	,137217 20 ,0464811 ,0737 ,2329 ,138253	,475112 20 ,0798102 ,2778 ,5846 ,495902	,237271 20 ,0354844 ,1528 ,2857 ,237469	,237841 20 ,0549396 ,1250 ,3125 ,248661	,513972 20 ,0815321 ,3158 ,6765 ,522617	,249830 20 ,0536971 ,1447 ,3718 ,240015	,264142 20 ,0693285 ,1711 ,3770 ,245968	,008370 20 ,0034491 ,0016239 ,0022 ,0088 ,007471	,004461 20 ,0019871 ,0015 ,0022 ,004186	,003910 20 ,0040037 ,0049 ,0088 ,009977	,010890 20 ,0019473 ,0022574 ,0020 ,0096 ,005233	,005424 20 ,0022574 ,0020 ,0096 ,005233	,005467 20 ,0034416 ,0044 ,0100 ,004889	,010191 20 ,0018543 ,0016 ,0177 ,009121	,005022 20 ,0018543 ,0016 ,0177 ,009121	,005169 20 ,0018543 ,0016 ,0177 ,009121	
30 - 40	Media N Desv. Est Mínimo Máximo Mediana	,342016 20 ,0875468 ,2041 ,4918 ,330775	,175989 20 ,0368899 ,1176 ,2656 ,170593	,166027 20 ,0611767 ,0753 ,2787 ,168860	,508477 20 ,0971550 ,2588 ,6441 ,528595	,264525 20 ,0544018 ,1294 ,3559 ,273856	,243953 20 ,0577696 ,1294 ,3143 ,242932	,531817 20 ,1499550 ,2603 ,7895 ,544924	,275469 20 ,0831407 ,0882 ,4035 ,295207	,256348 20 ,0799805 ,1447 ,3770 ,267480	,009530 20 ,0038940 ,0017 ,0176 ,009298	,004930 20 ,0018543 ,0023093 ,0007 ,0084 ,004351	,012897 20 ,0052283 ,0026 ,0242 ,012873	,006658 20 ,0027631 ,0014 ,0126 ,006537	,006240 20 ,0026669 ,0011 ,0126 ,005992	,011098 20 ,0049402 ,0020 ,0220 ,009483	,005735 20 ,0026134 ,0011 ,0112 ,005635	,005363 20 ,0025090 ,0009 ,0107 ,004984	,005363 20 ,0025090 ,0009 ,0107 ,004984	
40 - 50	Media N Desv. Est Mínimo Máximo Mediana	,284600 20 ,0649100 ,1712 ,3906 ,288344	,149932 20 ,0332660 ,0991 ,2188 ,143544	,134668 20 ,0398815 ,0680 ,1899 ,132143	,396796 20 ,0787661 ,2674 ,5313 ,398844	,209763 20 ,0408696 ,1392 ,2769 ,212171	,187034 20 ,0487481 ,1250 ,2604 ,191605	,411725 20 ,1194740 ,2235 ,6750 ,216557	,202194 20 ,0632982 ,0882 ,3429 ,201442	,209531 20 ,0684878 ,0941 ,0119 ,007550	,007215 20 ,0032496 ,0020 ,0119 ,003666	,003397 20 ,0017844 ,0009 ,0067 ,003671	,009652 20 ,0054795 ,0030 ,0216 ,008310	,005127 20 ,0030085 ,0017 ,0110 ,004102	,004525 20 ,0026031 ,0013 ,0106 ,004016	,007839 20 ,0039467 ,0022 ,0152 ,007525	,003868 20 ,0018854 ,0008 ,0066 ,003832	,003971 20 ,0021757 ,0013 ,0089 ,003587	,003971 20 ,0021757 ,0013 ,0089 ,003587	
50 - 60	Media N Desv. Est Mínimo Máximo Mediana	,301024 20 ,0606267 ,1882 ,4627 ,302495	,156867 20 ,0364983 ,0588 ,2239 ,158585	,144157 20 ,0417840 ,0729 ,2388 ,144762	,447806 20 ,0898837 ,2316 ,5890 ,453089	,229793 20 ,0431019 ,1263 ,3014 ,225973	,218013 20 ,0527851 ,1053 ,2969 ,217670	,498892 20 ,1103756 ,2727 ,7551 ,520628	,234595 20 ,0649693 ,1311 ,4082 ,226823	,264296 20 ,0668595 ,1039 ,4038 ,264103	,008656 20 ,0033818 ,0043 ,0164 ,007649	,004438 20 ,0015946 ,0022 ,0069 ,003695	,004219 20 ,0020840 ,0018 ,0095 ,010527	,011783 20 ,0049733 ,0025 ,0216 ,005408	,006056 20 ,0025307 ,0026 ,0111 ,004836	,005726 20 ,0025600 ,0023 ,0115 ,010862	,010405 20 ,0037491 ,0051 ,0175 ,005241	,004949 20 ,0019692 ,0021 ,0080 ,005241	,005456 20 ,0020902 ,0027 ,0100 ,004914	,005456 20 ,0020902 ,0027 ,0100 ,004914
60 - 70	Media N Desv. Est Mínimo Máximo Mediana	,320800 20 ,0721349 ,2118 ,4568 ,307103	,166462 20 ,0344023 ,1013 ,2188 ,161963	,154339 20 ,0495102 ,0941 ,2593 ,134234	,461500 20 ,0734849 ,3582 ,6164 ,454039	,229881 20 ,0399539 ,1429 ,3200 ,238095	,231619 20 ,0543643 ,1486 ,3699 ,221529	,431169 20 ,1068204 ,2500 ,6462 ,437607	,223640 20 ,0675922 ,1061 ,3279 ,226496	,207529 20 ,0515581 ,1111 ,3385 ,206329	,007469 20 ,0036958 ,0018 ,0018 ,007040	,003828 20 ,0018217 ,0010 ,0086 ,003698	,003640 20 ,0020293 ,0007 ,0036 ,003240	,010281 20 ,0048133 ,0028 ,0182 ,010720	,005228 20 ,0026609 ,0012 ,0096 ,005333	,005053 20 ,0023661 ,0014 ,0086 ,004685	,008154 20 ,0039958 ,0018 ,0142 ,007512	,004225 20 ,0022327 ,0009 ,0081 ,003825	,003929 20 ,0019235 ,0009 ,0074 ,003626	,003929 20 ,0019235 ,0009 ,0074 ,003626
70 - ...	Media N Desv. Est Mínimo Máximo Mediana	,284873 10 ,0651663 ,1765 ,4179 ,283371	,161336 10 ,0385158 ,0941 ,2239 ,158915	,123538 10 ,0313213 ,0824 ,1940 ,123380	,428102 10 ,1079985 ,2933 ,5758 ,389423	,229007 10 ,0614006 ,1467 ,3088 ,238393	,199095 10 ,0562019 ,1286 ,2879 ,184413	,346515 10 ,0880692 ,2182 ,4559 ,367904	,182287 10 ,0478558 ,1091 ,2500 ,195238	,164228 10 ,0447017 ,1091 ,2133 ,167797	,005846 10 ,0017954 ,0026 ,0086 ,005658	,003332 10 ,0011485 ,0014 ,0054 ,003051	,002514 10 ,0007300 ,0012 ,0036 ,002403	,007772 10 ,0029146 ,0042 ,0129 ,007064	,004109 10 ,0014529 ,0025 ,0065 ,003775	,003664 10 ,0015473 ,0006 ,0065 ,003334	,005852 10 ,0018067 ,0035 ,0082 ,006040	,003076 10 ,0010065 ,0017 ,0046 ,002975	,002776 10 ,0008560 ,0014 ,0038 ,002962	,002776 10 ,0008560 ,0014 ,0038 ,002962
Total	Media N Desv. Est Mínimo Máximo Mediana	,309543 122 ,0752213 ,1712 ,5362 ,301737	,163316 122 ,0369835 ,0588 ,2754 ,161528	,146227 122 ,0485119 ,0680 ,2787 ,135276	,459673 122 ,0940279 ,2316 ,6774 ,459570	,235195 122 ,0469256 ,1263 ,3559 ,237469	,224479 122 ,0591136 ,1053 ,4068 ,217670	,469989 122 ,1282672 ,2182 ,7895 ,469337	,235577 122 ,0714238 ,0882 ,4082 ,230139	,234412 122 ,0738163 ,0882 ,4314 ,226496	,007958 122 ,0034790 ,0017 ,0176 ,007693	,004177 122 ,0019482 ,0009 ,0107 ,004089	,003781 122 ,0019482 ,0007 ,0242 ,003393	,010742 122 ,0049100 ,0026 ,0126 ,010245	,005522 122 ,0026146 ,0012 ,0126 ,005277	,005220 122 ,0043106 ,0011 ,0126 ,004849	,009197 122 ,0022968 ,0018 ,0220 ,008725	,004633 122 ,0022228 ,0008 ,0130 ,004349	,004564 122 ,0022228 ,0009 ,0107 ,004286	,004564 122 ,0022228 ,0009 ,0107 ,004286

Tabla 58. Datos Estadísticos de índices claviculares por edad en grupo de Hombres.

Mujeres

Grupos edad	IC ES TOTAL	IC ES SUP	IC ES INF	IC MED TOTAL	IC MED SUP	IC MED INF	IC ACRO TOTAL	IC ACRO SUP	IC ACRO INF	IC 2 EST TOTAL	IC 2 EST SUP	IC 2 EST INF	IC 2 MED TOTAL	IC 2 MED SUP	IC 2 MED INF	IC 2 ACRO TOTAL	IC 2 ACRO SUP	IC 2 ACRO INF	IC EST A-L EXT	IC MED A-L EXT	
0 - 20	Media	,416999	,207664	,209335	,595330	,258353	,336977	,505013	,245965	,259048	,007522	,003653	,003869	,010081	,004374	,005708	,007347	,003613	,003734	,018969	,016581
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Desv. Est.	,0862667	,0408293	,0590441	,0785886	,0320976	,0518872	,1221473	,0558828	,0780564	,0037307	,0016066	,0022542	,0058802	,0025373	,0033826	,0034885	,0018551	,0017668	,0116313	,0091021
	Mínimo	,2941	,1341	,1143	,5116	,2093	,2857	,3067	,1733	,0018	,0010	,0008	,0026	,0011	,0016	,0019	,0011	,0008	,0061	,0061	,0051
	Máximo	,5246	,2558	,2951	,7429	,3051	,4429	,7321	,3400	,0088	,0149	,0061	,0088	,0193	,0088	,0115	,0127	,0072	,0063	,0452	,0347
	Mediana	,431677	,224129	,195387	,570940	,255324	,309402	,518260	,230427	,268439	,008133	,004330	,003830	,009858	,004031	,005656	,008332	,003763	,004448	,019016	,017833
20 - 30	Media	,354876	,182819	,172057	,528511	,251582	,276929	,527804	,267531	,260273	,007044	,003688	,003356	,008530	,004065	,004465	,007077	,003561	,003516	,020018	,015883
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Desv. Est.	,0657769	,0288769	,0441407	,0788141	,0385998	,0557759	,1305834	,0785468	,0663826	,0028674	,0016443	,0013208	,0037339	,0018580	,0020004	,0029850	,0015789	,0015228	,0074406	,0063895
	Mínimo	,2262	,1190	,0989	,4000	,1818	,1846	,3051	,1563	,1186	,0022	,0011	,0009	,0023	,0011	,0011	,0017	,0010	,0007	,0062	,0047
	Máximo	,4459	,2468	,2432	,6721	,3400	,3934	,7551	,4348	,3784	,0151	,0087	,0064	,0174	,0091	,0082	,0130	,0069	,0064	,0352	,0324
	Mediana	,355254	,176471	,164583	,532757	,255000	,275986	,527295	,269751	,270979	,007243	,003796	,003237	,008783	,004231	,004160	,007287	,003529	,003713	,019571	,015780
30 - 40	Media	,335049	,169147	,165902	,524141	,271811	,252330	,558820	,295744	,263077	,010233	,005194	,005039	,012378	,006405	,005973	,011004	,005799	,005205	,032164	,023926
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Desv. Est.	,0793707	,0387524	,0480211	,0912052	,0436026	,0604379	,1025030	,0633181	,0612305	,0031931	,0017008	,0016607	,0037683	,0018679	,0020806	,0037313	,0020026	,0020986	,0129435	,0073458
	Mínimo	,1857	,1000	,0857	,3542	,1875	,1493	,3750	,2097	,1458	,0041	,0021	,0019	,0049	,0026	,0023	,0044	,0024	,0020	,0096	,0081
	Máximo	,4444	,2281	,2500	,7115	,3750	,3846	,7179	,4359	,3611	,0154	,0079	,0077	,0180	,0095	,0093	,0179	,0106	,0107	,0635	,0375
	Mediana	,333847	,167917	,151159	,533986	,270692	,254032	,545894	,292996	,253571	,011136	,005106	,005247	,013082	,006780	,006212	,010697	,005789	,004809	,029252	,023149
40 - 50	Media	,327703	,174016	,153686	,495563	,248711	,246852	,476627	,241919	,234707	,008949	,004750	,004199	,012691	,006293	,006398	,009905	,004989	,004916	,028378	,025929
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Desv. Est.	,0716096	,0358787	,0438822	,0828326	,0460666	,0556638	,1201664	,0523281	,0837906	,0029679	,0014973	,0016491	,0048961	,0021663	,0030536	,0037848	,0017401	,0022831	,0099393	,0093986
	Mínimo	,2250	,1149	,0909	,3418	,1892	,1392	,3000	,1538	,1273	,0044	,0023	,0019	,0045	,0023	,0023	,0032	,0020	,0012	,0102	,0086
	Máximo	,4478	,2344	,2239	,6563	,3438	,3514	,6429	,3265	,3750	,0171	,0088	,0083	,0222	,0114	,0181	,0092	,0098	,0459	,0400	
	Mediana	,336509	,173913	,148438	,496835	,237284	,250441	,468906	,247449	,242167	,008471	,004881	,003670	,012391	,006645	,005598	,009372	,004975	,004454	,026410	,026796
50 - 60	Media	,343836	,180479	,163357	,541108	,266426	,274681	,529864	,282250	,247615	,007842	,004094	,003748	,010377	,005146	,005231	,008648	,004564	,004084	,023321	,019369
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Desv. Est.	,0452570	,0271094	,0240875	,0717197	,0396841	,0451638	,1336995	,1008090	,0525053	,0022019	,0010754	,0011948	,0034015	,0018111	,0016719	,0030461	,0018071	,0015347	,0075855	,0062499
	Mínimo	,2527	,1279	,1209	,3793	,1724	,2069	,3333	,1754	,1579	,0025	,0013	,0013	,0031	,0015	,0016	,0024	,0013	,0011	,0068	,0060
	Máximo	,4375	,2188	,2188	,6735	,3438	,3878	,8776	,6122	,3256	,0124	,0059	,0064	,0173	,0089	,0084	,0134	,0089	,0068	,0391	,0302
	Mediana	,340241	,181302	,163360	,530399	,272852	,274761	,504545	,272727	,243190	,007708	,004141	,003653	,010127	,005272	,005152	,008687	,004440	,003755	,022980	,019295
60 - 70	Media	,330939	,173315	,157624	,470710	,243120	,227589	,495335	,248763	,246572	,007661	,004054	,003607	,009911	,005160	,004751	,009335	,004624	,004711	,024914	,021558
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Desv. Est.	,1012236	,0462845	,0632774	,0998918	,0456620	,0673857	,1286745	,0635350	,0838723	,0037213	,0020165	,0019081	,0042751	,0024815	,0019898	,0047686	,0022986	,0026910	,0151762	,0104728
	Mínimo	,1687	,0843	,0784	,3043	,1563	,1250	,2586	,1154	,1277	,0034	,0018	,0016	,0035	,0020	,0015	,0026	,0016	,0010	,0080	,0072
	Máximo	,5077	,2424	,2923	,6393	,3281	,3607	,7761	,3333	,4627	,0148	,0091	,0076	,0204	,0126	,0079	,0208	,0098	,0124	,0663	,0520
	Mediana	,320988	,177749	,137401	,485009	,242834	,236809	,493353	,273463	,242951	,006857	,003795	,002738	,009737	,004570	,004861	,008756	,004280	,004215	,022646	,020604
70 - ...	Media	,294496	,148546	,145950	,448347	,220929	,227418	,458437	,243096	,215341	,008213	,004125	,004088	,010146	,004962	,005184	,008505	,004499	,004006	,028693	,022880
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Desv. Est.	,0620014	,0322986	,0328738	,0586678	,0295417	,0400377	,1058070	,0492561	,0721326	,0024854	,0011675	,0013788	,0028940	,0012700	,0017380	,0030530	,0014351	,0019065	,0092637	,0065451
	Mínimo	,2150	,1121	,1028	,3467	,1600	,1833	,2933	,1579	,0986	,0043	,0022	,0020	,0059	,0028	,0029	,0048	,0024	,0020	,0130	,0113
	Máximo	,4068	,2034	,2034	,5484	,2667	,3226	,6226	,3333	,3585	,0124	,0060	,0064	,0149	,0064	,0087	,0144	,0061	,0083	,0445	,0333
	Mediana	,285800	,137346	,147236	,451890	,223073	,216026	,449020	,241516	,221942	,008451	,004302	,004038	,010287	,005146	,005281	,009196	,004928	,003653	,028882	,024265
Total	Media	,341822	,176371	,165451	,513909	,253100	,260809	,510729	,262846	,247883	,008253	,004266	,003987	,010649	,005269	,005379	,008949	,004581	,004367	,025386	,021023
	N	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
	Desv. Est.	,0787364	,0379201	,0483373	,0899817	,0423832	,0624116	,1229740	,0713793	,0712289	,0031593	,0016289	,0016763	,0043073	,0021640	,0023469	,0037843	,0019532	,0020725	,0115479	,0086508
	Mínimo	,1687	,0843	,0784	,3043	,1563	,1250	,2586	,1154	,0986	,0018	,0010	,0008	,0023	,0011	,0011	,0017	,0010	,0007	,0061	,0047
	Máximo	,5246	,2558	,2951	,7429	,3750	,4429	,8776	,6122	,4627	,0171	,0091	,0088	,0222	,0126	,0141	,0208	,0106	,0124	,0663	,0520
	Mediana	,338472	,175676	,159545	,518875	,253745	,259767	,509434	,262510	,245758	,007971	,004200	,003698	,010539	,005057	,005346	,009011	,004562	,004215	,023971	,020719

Tabla 59. Datos Estadísticos de índices claviculares por edad en grupo de Mujeres.

8.7. Resultados para pruebas de correlación intraobservador en la reevaluación de radiografías:

		ICC
IC-1 Medial Total	Medidas simples	0,860
	Medidas promedio	0,925
IC-1 Medial Superior	Medidas simples	0,806
	Medidas promedio	0,892
IC-1 Medial Inferior	Medidas simples	0,863
	Medidas promedio	0,926

Tabla 60. Tabla para valorar la consistencia de la reevaluación de las radiografías digitales. Resultados para índices corticales claviculares mediales de tipo 1 para el ICC (Coeficiente de Correlación Intraclase) con un intervalo confianza del 95%.

		EPIFISIS CLAVICULAR Test 2º			Total
		0	3	5	
EPIFISIS CLAVICULAR. Test 1º	0	2	0	0	2
	3	0	2	0	2
	5	0	0	6	6
Total		2	2	6	10

Coeficiente Kappa = 1,000 (aprox. sig. 0,000)

Tabla 61. Tabla de contingencia para evaluar la consistencia de la reevaluación de las radiografías digitales. Resultados para la valoración del estadiaje de fusión de la epífisis proximal de la clavícula.

		OSIFICACIÓN COSTILLA Test 2º				Total
		0	1	2	3	
OSIFICACIÓN COSTILLA Test 1º	0	2	0	0	0	2
	1	0	2	0	0	2
	2	0	0	2	0	2
	3	0	0	0	4	4
Total		2	2	2	4	10

Coeficiente kappa = 1,000 (aprox. sig. 0,000)

Tabla 62. Tabla de contingencia para evaluar la consistencia de la reevaluación de las radiografías digitales. Resultados para la valoración del estadiaje de osificación del cartílago costal de la primera costilla según el sistema de estadios de Barchilon y Michelson.

		UNION CORACO-CLAVICULAR. Test 2°			Total
		Depresión local	Sin hallazgos	Tubérculo conoide	
UNION CORACO-CLAVICULAR Test 1°	Depresión local	0	0	0	0
	Sin hallazgos	0	5	0	5
	Tubérculo conoide	0	0	5	5
	Total	0	5	5	10

Coeficiente kappa = 1,000 (aprox. sig. 0,000)

Tabla 63. Tabla de contingencia para evaluar la consistencia de la reevaluación de las radiografías digitales. Resultados para la valoración de anomalías en la unión coraco-clavicular.

		UNION COSTOCLAV Test 2°	
		Sin hallazgos	Total
UNION COSTO-CLAVICULAR Test 1°	Sin hallazgos	10	10
Total		10	10

Tabla 64. Tabla de contingencia para evaluar la consistencia de la reevaluación de las radiografías digitales. Resultados para la valoración de anomalías en la unión costo-clavicular.

		ESPACIO ARTICULAR Test 2°		Total
		Normal	Disminuido	
ESPACIO ARTICULAR Test 1°	Normal	2	0	2
	Disminuido	2	6	8
	Total	4	6	10

Coeficiente Kappa = 0,545 (aprox. sig. 0,053)

Tabla 65. Tabla de contingencia para evaluar la consistencia de la reevaluación de las radiografías digitales. Resultados para la valoración de disminución del espacio articular en la articulación acromio-clavicular.

		ESCLEROSIS Test 2º		Total
		No	Sí	
ESCLEROSIS Test 1º	No	4	0	4
	Sí	1	5	6
Total		5	5	10

Coefficiente kappa = 0,800 (aprox. sig. 0,010)

Tabla 66. Tabla de contingencia para evaluar la consistencia de la reevaluación de las radiografías digitales. Resultados para la valoración de esclerosis subcondral en la articulación acromio-clavicular.

Capítulo 9:

ESTUDIO SOBRE UNA MUESTRA DE RADIOGRAFÍAS DIGITALES.

DISCUSIÓN

Discusión

- 9.1. Fusión del asta mayor con el cuerpo del hioides
- 9.2. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula
- 9.3. Osificación de la primera costilla
- 9.4. Parámetros de degeneración articular en articulaciones acromio y esternoclaviculares
- 9.5. Anomalías en uniones costo-clavicular y coraco-clavicular
- 9.6. Índices claviculares

9. DISCUSION:

Los resultados derivados de esta revisión de estudios radiográficos digitales de tórax postero-antteriores y de Ortopantomografías dentales sugieren algunas conclusiones que, en unos casos, resultan coincidentes con estudios previos ya realizados por otros autores en otras poblaciones y en otras resultan divergentes frente a aquellos.

9.1. Fusión del asta mayor con el cuerpo del hioides:

En el caso del análisis de la fusión del asta mayor del hioides con el cuerpo, como ya se apuntaba en la revisión bibliográfica previa a este estudio, pese a que en literatura se suele apuntar que la fusión se suele iniciar hacia los 20 años de edad en ambos sexos, serían comunes tanto las fusiones precoces como la ausencia de fusión o aún los casos de fusión unilateral. En los estudios realizados por O'Halloran y Lundt en 1987 sobre una muestra de 300 radiografías y piezas osteológicas y por Miller, Walker y O'Halloran en 1998 sobre una muestra de 316 radiografías digitales de ambos sexos, se apuntaba que:

- La fusión unilateral se apreciaba en un 19,7 a 21,4 % de casos
- La fusión bilateral se apreciaba en sujetos mayores de 20 años, con una incidencia máxima en sujetos de 71 a 80 años, llegando a observarse en ese grupo de población en un 60% de hombres y 52,2% de mujeres.
- La ausencia fusión en ambas astas se llegaba a observar en sujetos de más de 60 años (2,6% de hombres de la muestra de hombres y 5,3% de mujeres de la muestra total de mujeres)

Otros autores, como Evans y Knight en 1981 indicaron que se habían podido identificar casos de fusión completa en sujetos de apenas 18 años de edad y que, por el contrario, pudieron identificar casos de ausencia de fusión en sujetos de edades superiores a 80 años de edad (Black y Scheuer. 2000).

Los tratados clásicos de Patología Forense, pese a la importancia que otorgan a la fractura del hioides en el contexto del diagnóstico patológico de la asfixia mecánica por estrangulación manual, no profundizan en exceso en definir en qué momento resulta previsible que el asta mayor se halle fusionada con el cuerpo del hioides. Así, el tratado de Casas y Rodríguez (Casas y Rodríguez. 2000) sólo indica que la osificación se produce en la edad media de la vida. El tratado de Patología Forense de Di Maio y Di Maio (Di Maio y Di Maio. 1993) no aporta datos sobre el momento de osificación del asta mayor del hioides con el cuerpo, al igual que el tratado de Simpson (Knight B.1991). Del mismo modo, el clásico de Gisbert (Gisbert. 1998) tampoco aporta datos sobre este aspecto. El tratado de Knight simplemente indica que la

fusión del asta mayor con el cuerpo del hioides sigue una secuencia errática, aunque es posible que en sujetos jóvenes la unión sea cartilaginosa y móvil y a partir de la edad media de la vida se encuentre calcificada y sea frágil (Knight. 1996). Sin embargo, todos ellos hacen hincapié en la importancia del hallazgo de fracturas en este hueso en los casos de asfixia mecánica, especialmente por estrangulación manual.

En la serie que se ha analizado para el estudio actual, varios datos resultan de interés:

- Existen datos de fusión completa y bilateral de ambas astas mayores en sujetos de una edad mínima de 17 años de edad.
- Se aprecia una persistencia de imágenes de ausencia de fusión en ambas astas mayores en sujetos de hasta 61 años de edad. El número de casos en la muestra global con ausencia de fusión alcanza al 13,7% de la muestra global, con una edad media de 32,79 años con una desviación standard de 14,653.
- Se aprecian datos de fusión unilateral en un 2,4% de casos de la muestra global, con una edad media de 40,81 años y una desviación standard de 10,339. Los casos extremos máximos y mínimos corresponden con sujetos de 52 y 21 años, respectivamente.

De las 742 placas OPG dentales originalmente seleccionadas para el estudio sólo en 202 casos se ha podido identificar con suficiente precisión el estado de fusión de ambas astas mayores del hioides en un mismo hioides. En 252 casos se pudo identificar el asta mayor derecha y en 293 casos del asta mayor izquierda.

Estas cifras indican que, en general, el formato de OPG no es una fuente ideal para la valoración del estado de fusión de asta mayor del hioides. Esta limitación es debida, en parte, al hecho de que en un número importante de casos el hioides no es visible en este tipo de posición radiográfica y, de otra parte, a que en un número importante de casos en los que es visible el hioides la deformación inducida en él por la técnica de desplazamiento del propio foco de emisión radiográfica en la obtención de la imagen panorámica hace imposible identificar con precisión el estado de fusión del asta mayor.

Por ello, al comparar esta serie con la previas de O'Halloran et al o Miller et al se debe tener en cuenta que ambas series previas contaron con muestras en las que no existieron tales limitaciones. Esta es la razón por la cual en la serie actual se aprecia un porcentaje de casos de fusión unilateral relativamente escaso frente a series previas: 2,4% frente al 20% aproximado de las series previas. Posiblemente, el hecho de que en la selección de los casos para el cómputo de fusiones completa y unilateral se hayan seleccionado únicamente los casos de fusión completa de cada asta mayor, descartando 19 los casos de fusión parcial, también haya influido en estas diferencias.

Un dato llamativo de esta serie, ya apuntado por las series previas, es el hecho de que al valorar la relación de los grados de fusión de las astas mayores con la edad no se aprecia una buena correlación con la edad. De este modo, es posible encontrar hallazgos de fusión completa de un asta mayor e incluso bilateral en sujetos de edades tan tempranas como de 17 años de edad y, al contrario, hallar sujetos de edades tan elevadas como 61 años con hallazgos de ausencia de fusión de astas mayores incluso bilateral.

En conclusión, este parámetro de fusión fisaria no es útil como parámetro predictor de la edad en estudios osteológicos y/o radiológicos. Al tiempo, tampoco es posible prever de forma precisa si un sujeto de una cierta edad o sexo puede tener uno u otro tipo de estado de fusión.

Desde que en 1860 se describió por primera vez la fractura del hioides (Ubelaker. 1992), este pequeño hueso del esqueleto laríngeo, pese a la infrecuencia general de su fractura (0,002% del total de fracturas) ha sido objeto de especial estudio por parte de la Patología Forense. Las fracturas del hueso hioides se pueden encontrar en el cortejo de lesiones acompañantes a las asfixias mecánicas principalmente producidas por mecanismo de estrangulación manual. Dichas lesiones asientan fundamentalmente en sus astas mayores y en la producción de dichas fracturas el estado de fusión de la sincondrosis entre el asta mayor y cuerpo del hioides resulta de interés desde un punto de vista biomecánico. En el caso de que el asta mayor y el cuerpo se hallen fusionados, las fracturas pueden asentar en esta unión que parece constituir uno de los puntos débiles de la arquitectura del hioides ante compresiones laterales. Por otra parte, según algunos autores, el estado de no fusión de esta sincondrosis además podría actuar como un factor eventualmente protector frente a la producción de fracturas en el asta mayor del hioides. Cuando la unión no se ha llegado a osificar, la misma actuaría como un elemento elástico que disiparía las fuerzas de compresión que se ejercen sobre el hioides en la estrangulación manual y, por tanto, este estado de no fusión podría obligar a elevar el umbral de energía necesario para producir fracturas.

A pesar de su relativa importancia, son pocos los estudios que se han centrado en describir las características biomecánicas del hioides (Kasprzak. 1993) o la forma en la que el estado de esta sincondrosis afecta a la posible producción de fracturas por compresión. También son escasos los estudios destinados a definir su ritmo de osificación con la edad y el sexo.

El estado de fusión de la sincondrosis de las astas mayores con el cuerpo del hioides, por tanto, ha sido considerado como un factor sustancial respecto de la posibilidad de que se observen fracturas en el hioides en el caso de autopsias médico legales por muertes debidas a asfixia mecánica por mecanismo de compresión cervical. Diversos estudios dentro de la literatura médico legal han analizado su posible influencia en la producción de fracturas del

hioides en casos de muerte por asfixia mecánica y más especialmente en casos de estrangulación manual.

Casas y Rodríguez indican que en los casos de estrangulación manual, las fracturas asientan en el extremo distal de las astas mayores a 1 cm de su extremo. Especifican que estas fracturas son excepcionales en sujetos jóvenes ya que las astas mayores no se hallarían fusionadas con el cuerpo. Indican también que este tipo de fractura puede observarse también en casos de ahorcadura y estrangulación a lazo (Casas y Rodríguez. 2000). Gisbert especifica que en los casos de estrangulación a lazo no se observan fracturas en el hioides, aunque sí en el cartílago tiroideos. Este mismo autor no indica si esta diferencia se repite en las estrangulaciones manuales o en las ahorcaduras, aunque señala que las lesiones osteocartilaginosas son habituales en estos tipos de mecanismos de asfixia mecánica (Gisbert. 1998). Di Maio y Di Maio indican que en su experiencia habían hallado fracturas del hioides en un 18% de los casos de estrangulación manual, mientras Simpson y Knight en 1985 habían reportado una proporción del 4,5% (Di Maio y Di Maio. 1993). En una serie posterior, Vincent Di Maio indica que pudo identificar casos de fracturas de hioides solas o asociadas a otras fracturas laríngeas en 28 casos de estrangulación manual. Describe fracturas aisladas del hioides en 9 casos (Di Maio. 2000). En los casos de ahorcadura, Di Maio y Di Maio no identifican casos de fractura del hioides. Señalan en su tratado de 1993 que la fractura del hioides también es posible en casos de estrangulación a lazo, aunque se encuentran con menos frecuencia que las del tiroideos (Di Maio. 1993). El tratado de Simpson señala que es posible hallar fracturas del hioides en casos de estrangulación manual, pero con menor frecuencia que fracturas del tiroideos (Knight. 1991). La serie del INTCF de Madrid, publicada por Sánchez de León en 2001, indicaba que en los casos de estrangulación manual la fractura de hioides se encontró en un 26% de casos, en los casos de estrangulación a lazo no se apreció ninguna fractura del hioides y en los casos de ahorcaduras se apreció fractura del complejo hioides-tiroideos en un 44% de los casos (Sánchez de León. 2001). El tratado de Knight es el único que dedica un apartado específico al estudio más exhaustivo de las fracturas laríngeas en asfixias mecánicas. Este autor destaca que las fracturas del hioides son posibles incluso en sujetos jóvenes a pesar de que la sincondrosis del asta mayor pueda ser aún cartilaginosa. Del mismo modo, destaca la posibilidad de que las fracturas se produzcan en el contexto no sólo de estrangulaciones manuales sino también de ahorcaduras y de otros tipos de traumatismos cervicales o incluso postmortalmente. Recomienda que durante la disección se seccione cuidadosamente la membrana tirohioidea para evitar que un posible fragmento libre de fractura pierda su relación con el resto del hioides. Recomienda, asimismo, la práctica del estudio radiográfico del bloque cervical previa a la disección (Knight. 1996).

Feigin indicaba en 1999 que de 307 casos de ahorcadura pudo identificar fracturas de hioides en 10 casos (Feigin. 1999). Del mismo modo, Bertz y Eisenmeiger en 1996 identificaron fracturas de tiroideos e hioides en un 67% de sus serie de 109 muertes por ahorcadura,

destacando casos de fracturas en sujetos de edades tan tempranas como los 14 años (Bertz y Eisenmeiger. 1996).

Pese a la aparente falta de acuerdo entre las series sobre la modalidad de asfixia mecánica en la que se puede apreciar la existencia de fracturas de hioides, todas ellas coinciden en indicar que la estrangulación manual es la modalidad en la que resulta más previsible la aparición de fracturas del hioides y en la que su aparición es más significativa como hallazgo patológico para poder establecer el diagnóstico de la modalidad de asfixia mecánica. Sin embargo, a pesar de la infrecuencia relativa de este tipo de fracturas, debe tenerse siempre en mente en la interpretación de los resultados en casos de autopsias por este posible mecanismo de muerte que las fracturas del hioides no han sido descritas únicamente en casos de estrangulación.

Así, fuera del contexto de las asfixias mecánicas, la fractura del hioides ha sido descrita tanto aislada como en asociación con fracturas de la mandíbula. Estas últimas han sido fundamentalmente descritas en casos de accidentes de tráfico por atropello, especialmente en aquellos casos en los que tras el impacto inicial existe arrollamiento secundario del atropellado, siendo común su asociación con fracturas de otros elementos del esqueleto laríngeo (Ubelaker. 1992; Maxeiner et al. 2000). Antes del advenimiento de los sistemas de retención en vehículos a motor la fractura de hioides se describía también en conductores cuyo cuello impactaba contra el volante. Existen múltiples referencias de fracturas aisladas provocadas por mecanismo de hiperextensión cervical brusca, por degluciones bruscas del bolo alimenticio (Ubelaker. 1992) o por el stress inducido por el vómito (Szeremeta y Morovati.1991). Pese a que en algunas series no se han podido identificar fracturas del hioides provocadas por la intubación orotraqueal (IOT) en maniobras de reanimación cardio-pulmonar (RCP) (Raven et al. 1999), otros autores sí que han identificados casos de producción de fracturas de hioides en el curso de maniobras de RCP por IOT e hiperextensión cervical inadecuada para liberación de la vía aérea (Gregersen y Vesterby. 1981). Las fracturas del hioides se han descrito también en casos de heridas punzantes por arma blanca tanto mortales como con supervivencia. En la estadística del IVML se cuenta un caso de fractura de hioides provocada por una herida cervical punzante por arma blanca autoinflingida con supervivencia del lesionado. Finalmente, en relación con el origen de las fracturas del hioides, ya autores como Gordon et al en 1976 alertaban sobre la posibilidad de provocar iatrogénicamente fracturas postmortales del hioides en el curso de las maniobras de autopsia al realizar la extracción del bloque cervical (Gordon et al. 1976).

Las fracturas del hioides no se asocian necesariamente con cuadros clínicos severos que pongan en riesgo la vida del lesionado o que precisen asistencia médica urgente. Las manifestaciones clínicas de una fractura aislada del hioides pueden ser anodinas o debutar como cuadros de disfagia aguda severa con o sin laceración faríngea (Eliachar et al. 1980; Olu Ibekwe. 1991; Anthony et al. 2000) o de auténticas obstrucciones respiratorias agudas

(Kaufman et al. 1999). En estos casos, la inflamación y hemorragia reactivas a la fractura pueden llegar a provocar un efecto de masa en la faringe que produzca manifestaciones clínicas más o menos severas.

En sus series Maxeiner (Maxeiner. 1999) y Khokhlov (Khokhlov. 1999), ambos en 1999, indicaban que en casos de autopsias médico legales fue posible identificar fracturas antiguas consolidadas en el hioides. En su serie, Maxeiner indicaba que en un total de 1160 autopsias judiciales pudo identificar 12 casos de fracturas antiguas del hioides. Estos casos correspondieron en su mayoría con sujetos afectados de alcoholismo crónico. Khokhlov en una serie sobre 440 bloques cervicales identificó 7 casos (1,6%) de fracturas antiguas del hioides, en 5 casos localizadas en el extremo más distal del asta mayor y en 1 caso en la unión del asta mayor con el cuerpo. Todos ellos se describieron en sujetos de edades superiores a 35 años y raramente por encima de los 50 años. En este grupo de edad entre 35 y 50 años, la frecuencia en hombres duplicaba a la de mujeres. También Khokhlov sugirió la posible relación entre estas fracturas antiguas consolidadas con el alcoholismo en población urbana. Ambos autores sugirieron que posibles caídas casuales en estado de embriaguez pudieron haber sido en muchos casos la causa de las fracturas y la tendencia a no solicitar asistencia médica la razón de que no hubiesen sido diagnosticadas en vida de los fallecidos.

Se ha sugerido que la morfología del hioides puede ser un factor predisponente para la producción de fracturas del hioides en casos de compresión por estrangulación manual. Así, autores como Koebke y Saternus en 1979 (Koebke y Saternus. 1979), Papadopoulos et al en 1989 (Papadopoulos et al. 1989) o Harjeet y Jit en 1996 (Harjeet y Jit. 1996) han sugerido que pueden clasificarse los hioides en función de su morfología en varios subtipos, que básicamente pueden ser divididos en dos grandes grupos (hiperbólicos y parabólicos) y sus variantes. En distintos estudios se han relacionado estos morfotipos con el sexo con hallazgos diversos. Sin embargo, Pollanen y Ubelaker en 1997 analizaron las características métricas de 100 hioides de los dos grupos morfológicos principales (hiperbólicos y parabólicos) y llegaron a la conclusión de que las diferencias en las medidas tomadas en ambos tipos de hioides eran poco importantes y no significativas. No se pudo apreciar un predominio de ningún morfotipo o medida en ningún grupo de edad y sexo y sólo pudo destacarse que las mujeres tendían a tener hioides con medidas más pequeñas que los hombres. En cuanto a una posible predisposición a la fractura en los hioides con astas mayores más largas, tampoco pudieron confirmar tal suposición propuesta por autores previos (Pollanen y Ubelaker. 1997).

La localización de las fracturas del hioides en casos de estrangulación ha sido estudiada por Pollanen et al en 1995 (Pollanen et al. 1995). Estos autores identificaron fracturas en el tercio distal del hioides en un 47% de casos (9 casos), en el tercio medio en un 47% de casos (9 casos) y en el tercio proximal en 5% (1 caso). Algunos autores, como Casas y Rodríguez han sugerido que la ausencia de fusión del asta mayor del hioides con el cuerpo determinaría que

no se produjesen fracturas del asta mayor del hioides en casos de estrangulación (Casas y Rodríguez. 2000). Sin embargo, tanto en la serie de Pollanen et al de 1995 (Pollanen et al. 1995) como en la de Pollanen y Chiasson de 1996 (Pollanen y Chiason. 1996) se han podido identificar casos de coexistencia de fenómenos de no fusión del asta mayor del cuerpo del hioides y de fracturas del asta mayor en su tercio distal.

El mecanismo de producción de las fracturas del hioides en los casos de asfixia mecánica ha sido analizado biomecánicamente por unos pocos autores. En los casos de estrangulación Di Maio y Di Maio indican que es la compresión simultánea de ambas astas mayores por ambos laterales del cuello la que produce la fractura de una o ambas astas mayores (Di Maio y Di Maio. 1993). Sin embargo, en estudios biomecánicos sobre resistencia y desplazamiento del hioides ante distintos tipos de fuerzas compresivas se ha podido comprobar cómo las cargas aplicadas directamente sobre el cuerpo del hioides en dirección antero-posterior pueden dar lugar a fracturas de las astas mayores, localizadas habitualmente en el tercio proximal y en la zona de la sincondrosis con el cuerpo. En un estudio publicado por Kasprzak et al en 1993 se sugería que esta modalidad de carga puede producir fracturas cuando las astas mayores quedan fijadas por la compresión contra la columna cervical y, de forma análoga a como ya señalaban Saternus y Koebke en 1979, sugieren que la dirección de la carga puede ser un factor determinante para que la fractura del hioides se produzca en unas u otras zonas de las astas mayores, explicando de este modo en parte la diversa localización de las fracturas en las distintas series publicadas (Kasprzak et al. 1993).

En su conjunto todos los datos bibliográficos parecen sugerir, como ya habían apuntado previamente Ubelaker y Pollanen (Ubelaker. 1992; Pollanen y Ubelaker. 1997), que en la producción de las fracturas del asta mayor del hioides en casos de estrangulación y de otras formas de asfixia mecánica provocadas por compresión cervical, la morfología del hioides o su estado de fusión o no fusión del asta mayor con el cuerpo no son datos determinantes para que se produzcan o no fracturas del asta mayor. Por el contrario, factores externos como la intensidad de la presión ejercida, la dirección en la que se ejerce la compresión o la propia posición del cuello en el momento de la compresión serían factores mucho más importantes en tanto determinantes de que se produzca o no la fractura del hioides y que ésta asiente en una u otra zona del asta mayor.

En la investigación médico forense de los casos de asfixia mecánica con sospecha de posible lesión ósea del hioides o del esqueleto laríngeo, todos los autores coinciden en recomendar que el estudio patológico no se base únicamente en un mero examen macroscópico de los bloque cervicales. Existe un elevado riesgo de interpretar erróneamente estados de no fusión del asta mayor con fracturas o de atribuir erróneamente un origen traumático a fracturas provocadas por la manipulación del bloque cervical durante su extracción. Por ello, recomiendan que en todos los casos de este tipo de autopsias tras la extracción del bloque

cervical se analicen las piezas mediante métodos radiográficos e histopatológicos, con el fin de localizar y diferenciar correctamente auténticas fracturas vitales de fracturas postmortales o meras ausencias de fusión de la sincondrosis del asta mayor. Algunos autores, además, recomiendan el examen de los hioides mediante estereomicroscopio para identificar correctamente fracturas no desplazadas, lesiones en tejidos no osificados o fracturas antiguas (Knight. 1996; Sánchez de León. 2001; Di Nunno et al. 2004; Khokhlov. 1997; Di Nunno et al. 1998).

El análisis de la serie de OPG estudiadas, de forma análoga a lo indicado por autores previos, indica que el fenómeno de fusión del asta mayor con el cuerpo del hioides no sigue una clara secuencia con la edad o el sexo. Se pueden identificar casos de fusiones completas a edades tan precoces como los 17 años de edad o casos de ausencia de fusión bilateral en sujetos con edades de hasta 61 años en esta serie o incluso edades superiores a 80 años en otras series (Miller et al. 1998; Black y Scheuer. 2000). Por ello, en los casos de autopsias por asfixias mecánicas con sospecha de lesión de este hueso la presencia de una imagen de solución de continuidad en el extremo proximal del asta mayor debe siempre ser evaluada con precaución, no debiendo presuponerse por la edad o el sexo de la víctima que la misma pudiera corresponder bien con una fractura o con un fenómeno de no fusión. Del mismo modo, por los datos de la revisión bibliográfica manejada no debe suponerse que un estado de no fusión del asta mayor es incompatible con la existencia de otras fracturas del asta mayor del hioides, ya que están descritos casos de coexistencia de ambos hechos. Por todo ello, en los casos de sospecha de este tipo de lesión el examen de los bloques cervicales debiera incluir en todos los casos y de forma rutinaria un examen radiográfico previo a la disección de los tejidos y un examen histopatológico complementario para una adecuada interpretación de los hallazgos.

9.2. Fusión de la epífisis proximal de la clavícula:

Diversos estudios previos han analizado tanto en series radiográficas, como de TAC de tórax o en muestras osteológicas el estado de la fusión de la epífisis proximal de la clavícula desde la perspectiva de su relación con la edad de los sujetos. En la tabla 1 se incluyen algunos de los resultados de estas series sobre la edad mínima a la que se aprecian datos de fusión completa con o sin cicatriz epifisaria.

En la serie analizada para este estudio los rangos de resultados de edades para el sistema de estadios de Schmelting han sido:

- Estadio 0: 5 a 15 años
- Estadio 1: 15 a 18 años
- Estadio 2: 0 casos
- Estadio 3: 17 a 45 años
- Estadio 4: 19,7 a 32 años
- Estadio 5: 20,6 75 años

En consecuencia, en esta serie, los estadios 0 y 1 sólo se han observado en sujetos de edades inferiores a 18 años. Las edades mínimas a las que se han apreciado estadios de Schmelting 4 o 5 han sido respectivamente de 19,7 y 20,6 años para varones y en mujeres el estadio 5 se aprecia en sujetos de edad mínima de 21,07 años. El alto valor del coeficiente kappa para las valoraciones de la fusión de la epífisis proximal comparadas entre la valoración inicial y el retest sugieren un alto grado de consistencia de resultados, como ya ha sido señalado en estudios previos.

Estos hallazgos son diversos de los ya propuestos por Schmelting (2004) o con los de Kreitner en 1997 y 1998. Sin embargo, autores previos como Schulze (2005), Richel (2005), Veschi y Fachini (2002) o incluso Galstaun (1937) también han descrito casos de sujetos de 19 años de edad con datos de fusión completa equivalentes al estadio 4 de Schmelting.

La escasez de muestra de población de edades inferiores a 25 años de edad explica la ausencia de casos del estadio 2 y, al tiempo, hace imposible la comparación de resultados con otras series centradas en la distribución de resultados en torno a los 21 años de edad, como las series originales de Schmelting (2004) o Kreitner (1997 y 1998). Sin embargo, el hecho de haber utilizado una amplia muestra de sujetos de edades superiores a la indicada permiten valorar que en sujetos de edades superiores a 32 años se aprecian habitualmente estados de fusión completa (estadio 5 de Schmelting).

Serie	Origen muestra	Estadio	Edad mínima
Henle (1871)	Desconocida	Fusión completa	18
Dwight (1911)	Desconocida	Fusión completa	18
Testut (1921)	Desconocida	Fusión completa	22 a 25
Terry (1925)	Desconocida	Fusión completa	25
Stevenson (1924)	Osteológica. EEUU	Estadio 4 (Stevenson)	24 a 28
Todd y D'Errico (1928)	Osteológica. EEUU	Estadio 4 (Stevenson)	22
Galstaun (1937)	Radiográfica. India	Fusión completa	19
McKern y Stewart (1957)	Osteológica. EEUU	Estadio 4 (McKern y Stewart)	23
Szilvassy (1977)	Osteológica. Alemania	Estadio 3 (Szilvassy)	26 a 30
Jit y Kulkarny (1976)	Radiográfica. India	Estadio 3 (Jit y Kulkarny)	22
Owing Webb y Suchey (1985)	Osteológica. EEUU	Estadio 4 (McKern-Stewart)	20
Bass (1986)	Osteológica. Desconocida.	Fusión completa	23
Mc Laughlin (1990)	Osteológica. Portugal	Estadio 5 (McLaughlin)	27
Black y Scheuer (1996)	Osteológica. Europa	Estadio 5 (McLaughlin)	20
Ji (1994)	Osteológica. Japón	Estadio 4 (McKern-Stewart)	20
Veschi y Facchini (2002)	Osteológica. Italia	Fusión completa	19
Kreitner (1997, 1998)	TAC. Alemania	Estadio 4 (McKern-Stewart)	22
Schmeling (2004)	Radiográfica. Alemania	Estadio 4 (Schmeling)	20
Schulz (2005)	TAC. Alemania	Estadio 4 (Schmeling)	21,2
Schulze (2005)	TAC. Alemania	Estadio 4 (Schmeling)	19,14
Richel (2005)	TAC. Alemania	Estadio 4 (Schmeling)	19,14
Schaeffer y Black (2005, 2007)	Osteológica. Bosnia	Estadio 4 (McKern-Stewart)	21

Tabla 67. Series de estudios sobre la fusión de la epifisis proximal de la clavícula en su relación con la edad. Edades mínimas a las que se ha apreciado fusión completa con o sin cicatriz epifisaria en estas series.



Imagen 14. Anomalia clavicula unilateral en "boca de pez" en clavícula derecha



Imagen 15. Anomalia clavicula bilateral en "boca de pez" en ambas clavículas



Imagen 16. Imagen de refuerzo cortical a nivel de clavícula derecha que puede dificultar la diferenciación con estadios 3 o 4 del estadio 5 de Schmeling.

Los únicos datos destacados durante la recogida de resultados han sido, de una parte, las dificultades de interpretación de ciertos resultados y, de otra, la presencia de algunas anomalías del desarrollo que interfieren con la interpretación de los resultados según el sistema de estadios propuesto. Las imágenes 1 a 3 ilustran algunos casos de dificultades de interpretación de los resultados.

En las imágenes 1 y 2 se ilustran dos casos de imagen en “boca de pez” en la extremidad proximal de la clavícula. La imagen 1 ilustra un caso de anomalía unilateral y la imagen 2 una anomalía bilateral. Según Freyschmidt et al (2003) ambas imágenes corresponden con casos extremos de estados persistentes de no fusión de la epífisis proximal de la clavícula. En estos casos, la epífisis no fusionada adopta una morfología plana o lenticular y el extremo diafisario adopta una morfología en tenedor o en boca de pez en cuyo interior puede persistir o no la epífisis no fusionada. En los casos ilustrados, no se observan residuos de la epífisis, pudiendo corresponder con sujetos en los que no se ha llegado a desarrollar esta epífisis, pero la diáfisis ha seguido su proceso de maduración normal.

La imagen 3 ilustra un caso en el que se aprecia un refuerzo cortical en la parte más proximal de la clavícula que puede hacer dudosa su interpretación como correspondiente a un estadio 5 de fusión o con un estado de fusión parcial en estadio 3 o 4 de Schmeling.

En septiembre de 2.000, el grupo multidisciplinario del Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (AGFAD) elaboró una de las primeras guías para la estimación de la edad en individuos vivos sometidos a procedimientos criminales (Schmeling et al. 2001; Schmeling et al. 2001b; AGFAD. 2001). Las guías establecían la necesidad de realizar una serie de pruebas diagnósticas que incluyeran exámenes radiográficos y antropométricos y, una vez practicadas éstas, interpretar los resultados en función de estudios previos en poblaciones adecuadas al sujeto de estudio.

Estas guías recomiendan, para la determinación de la mayoría o minoría de edad penal (18 años) en sujetos vivos, la práctica de las siguientes pruebas:

1. Examen físico: obtención de medidas antropométricas (peso, talla, tipo constitucional); inspección de signos de madurez sexual; identificación de patologías que puedan alterar el desarrollo madurativo.
2. Examen radiográfico de la mano izquierda.
3. Examen externo del estado de la dentición y radiografía dental.
4. Examen radiográfico de la clavícula, en el caso de que interesase confirmar si la edad cronológica es mayor o menor de 21 años de edad.

Al interpretar los resultados, las mismas guías recomiendan que los datos obtenidos de las anteriores pruebas sean contrastados con estudios de referencia adecuados al sujeto específico estudiado. Al seleccionar dichos estudios debieran considerarse como factores significativos de corrección de los resultados las variables étnicas, socioeconómicas y patológicas, así como el grado de error intra e interobservador. Recomiendan, finalmente, al realizar la valoración pericial definitiva que se especifique el resultado por separado de cada una de las pruebas realizadas y que la estimación de edad se establezca como la más probable, indicando el grado de probabilidad del resultado estimado.

Sobre las radiografías de clavícula, en las distintas reuniones anuales del AGFAD se ha hecho énfasis en la adecuada interpretación del proceso de fusión de la epífisis esternal de la clavícula con la diáfisis como indicador de edad en sujetos entre 18 y 21 años de edad. En la literatura médica reciente se suelen tomar como referentes para esta interpretación los estudios desarrollados en Alemania por los grupos de Kreitner et al sobre TAC de tórax y de Schmeling et al sobre radiografías convencionales de tórax (Kreitner et al. 1997; Kreitner et al. 1998; Schmeling et al. 2004).

El proceso de desarrollo y fusión de la epífisis medial o esternal de la clavícula ha sido objeto de estudio por parte de varios autores durante el pasado siglo y el presente. Su proceso de fusión desde la aparición del núcleo epifisario es más lento que el de la epífisis lateral, lo que permite a menudo identificar su presencia independiente de la diáfisis de la clavícula. Sin embargo, su proceso de fusión es más errático que el de otras epífisis de huesos largos, habiéndose descrito la persistencia de estados de fusión incompleta. Se han propuesto distintos sistemas de estadiaje de este proceso de osificación desde el sistema originalmente propuesto por Stevenson (Stevenson. 1924). La persistencia de la llamada "cicatriz epifisaria" ha sido objeto de debate en las distintas publicaciones sobre el sistema de estadiaje de esta fusión. Así, por ejemplo, Stevenson o Mc Kern y Stewart entendían que dicha imagen radiográfica era poco significativa para el diagnóstico de la edad (Stevenson 1924; Mc Kern y Stewart. 1957). Estos autores señalaban que dicha imagen se correspondería con un residuo del disco de crecimiento epifiso-diafisario que puede persistir a lo largo de la vida inalterado o sufrir un proceso de fusión completa a una edad impredecible. Otros autores, como Schmeling et al han entendido, sin embargo, que la presencia o no de este residuo refleja cambios significativos en el proceso de fusión de la epífisis con la edad (Schmeling et al. 2004).

En las radiografías, el extremo proximal de la clavícula adopta una morfología similar a un champiñón durante la primera década de la vida. Los bordes son suaves con contorno irregular. En la segunda década, la clavícula adopta una morfología similar a la de una copa con los bordes aún irregulares. En la tercera década, alrededor de los 25 años, adopta una morfología más regular, con una pequeña depresión central o surco en su mitad articular (Freyschmidt et al. 2001). Se ha descrito como una variante de normalidad la persistencia de

núcleos de osificación en el borde esternal no fusionados. Radiológicamente, se observan como densidades óseas con formas que oscilan entre aplanada como un disco hasta formas redondeadas. En los casos más extremos, el borde esternal tiene forma de tenedor o de boca de pez incluso con ausencia de núcleo epifisario en su interior. En esta serie de estudio, se ha podido identificar la presencia de esta anomalía en varios casos, incluso con carácter bilateral y siempre en sujetos con edades superiores a 30 años de edad. En los casos descritos en la serie de estudio analizada para esta tesis, no se observaron residuos de la epífisis, pudiendo corresponder con sujetos en los que no se ha llegado a desarrollar esta epífisis, pero la diáfisis ha seguido su normal proceso de maduración.

Desde el punto de vista del diagnóstico de la edad, tal vez el dato más significativo sea el momento en el que la fusión de la epífisis se completa. Varios autores aportan en sus publicaciones resultados sobre este momento del desarrollo. Las muestras de población en las que han basado sus conclusiones han sido diversas. Así, autores como Stevenson (Stvenson. 1924), Todd y D'Errico (Todd y D'Errico. 1928), McKern y Stewart (Mc Kern y Stewart. 1957), Szilvassy (Szilvassy. 1977), Owing Webbs y Suchey (Owing Webbs y Suchey. 1985), Bass (Bass. 1986), McLaughlin (Mc Laughlin. 1990), Black y Scheuer (Black y Scheuer. 2000), Ji et al (Ji et al. 1994) o Veschi y Facchini (Veschi y Facchini. 2002) o Schaeffer y Black (Schaeffer y Black. 2005; Schaeffer y Black. 2007) utilizaron en sus series material osteológico, con todas las limitaciones inherentes a este tipo de muestra. Se han descrito algunas de estas dificultades, destacando entre ellas la dificultad para contar con registros de nacimiento fiables, el carácter heterogéneo de las distribuciones de edades y sexos especialmente en el caso de muestras de sujetos jóvenes o el hecho de que al tratarse de sujetos fallecidos jóvenes tal vez no reflejen de forma fiable el comportamiento general de las poblaciones generales sanas. Otros autores, como Flecker (Flecker. 1933; Flecker. 1942), Galstaun (Galstaun. 1930), Jit y Kulkarny (Jit y Kulkarny. 1976) o Schmeling et al (Schmeling et al.2004) han utilizado muestras de radiografías de tórax convencionales tomadas a sujetos vivos. Finalmente, en los últimos años, algunos autores como Kreitner (Kreitner et al. 1997; Kreitner et al. 1998), Schulze (Schulze et al. 2005), Schulz (Schulz et al. 2005) o Richel (Richel. 2005) han publicado resultados basados en muestras de imágenes de TAC también obtenidas de sujetos vivos.

Kreitner et al sugirieron en su estudio de 1998 que un estado de fusión completa de la epífisis esternal de la clavícula (estadio 4 de McKern y Stewart) indicaba en su serie que la edad era mayor de 20 años con un intervalo de confianza del 99% y superior a 22 años con un intervalo de confianza del 95% (Kreitner et al. 1998). Schulze et al, por su parte, estimaban que la probabilidad empírica de que la edad fuese mayor de 21 años en caso de fusión completa sería del 95% (Schulze et al. 2005). La interpretación de estos resultados a la vista de los resultados de esta serie y de algunas series precedentes debe ser, sin embargo, muy cuidadosa. Así, autores como los propios Schulze et al señalan el escaso valor predictivo de este resultado en comparación con otras técnicas de diagnóstico manejadas en la literatura médico legal, como

las técnicas de identificación basadas en el ADN a las que se les exige un grado de fiabilidad de sus resultados muy superior. Otros autores, han señalado que esta limitación es inherente a todas las técnicas actuales de diagnóstico de edad basadas en métodos radiográficos (Van Ree y Schulpen. 2001; Van Rijn et al. 2001; Van Rijn y Robbens. 2004; Van Rijn y Robbens. 2005; Dorenboos. 2005; Mali. 2004).

En todo caso, los resultados de esta serie y de series precedentes en diversos tipos de muestras de origen indican que en ninguno de los estudios realizados sobre la fusión de la epífisis externa de la clavícula ha sido posible identificar ningún sujeto que hallándose en estadio de fusión completa (4 de McKern y Stewart o 4 a 5 de Schmeling) tuviese una edad cronológica inferior a 19 años de edad. Por ello, pese a que en estudios previos se ha hecho énfasis en que la estimación forense de la edad debe ser siempre expresada en términos de probabilidad y nunca de certeza, la práctica de radiografías de tórax destinadas al análisis de la fusión de la epífisis externa de la clavícula puede constituir una herramienta complementaria útil en algunos casos en los que resulta dudosa la asignación de la mayoría o minoría de edad basada en métodos radiográficos de estimación de edad dental o de edad ósea basada en el estudio del carpo de la mano izquierda (Garamendi y Landa. 2003; Garamendi et al. 2005).

La identificación radiológica de la epífisis proximal de la clavícula no es siempre clara en las radiografías postero-anteriores de tórax. Ya en 1937 Galstaun recomendaba que en la realización de las radiografías de tórax destinadas a la identificación de esta epífisis debía inclinarse levemente el foco en el eje lateral sobre la horquilla externa para asegurar su visualización (Galstaun. 1930). En la serie de 341 radiografías digitales de este estudio fue difícil obtener un número suficiente de placas en las que se visualizasen ambas epífisis externas. De hecho aun dentro de la muestra de 123 radiografías seleccionadas, en 8 casos no fue posible identificar una de ellas. La serie original utilizada por Schmeling et al también encontró dificultades similares, debiendo desechar 174 de las 873 originalmente seleccionadas para el estudio (Schmeling et al. 2004). Por ello, en caso de decidir utilizar esta técnica diagnóstica es recomendable que la proyección radiográfica no sea una radiografía de tórax postero-anterior simple sino que sea una específicamente adecuada a la visualización de esta epífisis de la clavícula con el fin de minimizar el riesgo de exponer al sujeto a exposiciones repetidas e innecesarias a radiación.

Para los fines de este estudio, la radiología digital ha demostrado ser suficientemente precisa como para permitir valorar la epífisis externa de la clavícula desde un punto de vista morfológico. Durante la obtención de radiografías de tórax postero-anteriores, la cantidad de radiación ionizante a la que se expone a los sujetos es de 0,02 mSv, cantidad equivalente a 3 días de exposición a radiación solar. En general, se admite que esta modalidad de exposición radiográfica es una de las más inocuas (Anguita. 2007). Dado que los sistemas de obtención de imágenes radiográficas mediante técnicas de digitalización directa suponen además una

menor exposición a radiación que los métodos convencionales de radiología tal vez puedan constituir la técnica de elección en el caso de precisar estudios radiográficos en sujetos vivos con una finalidad estrictamente médico-legal (Schmitt y Lehmann. 2004; Comisión Europea. 2002).

9.3. Osificación de la primera costilla:

En series previas se ha analizado también el estadiaje de la osificación del cartílago costal de la primera costilla en relación con la edad. En la serie de Barchilon (1996) el tipo de estudio planteado respondió a un diseño longitudinal en el que 13 sujetos fueron estudiados durante 15 años de forma periódica para valorar si la progresión observada en esta fusión realmente seguía una secuencia progresiva con la edad. Las conclusiones del estudio sugirieron que tal progresión con la edad existe.

Otros estudios se han basado en diseños de investigación de tipo transversal. Entre ellos, el realizado por Michelson (1934) definió un sistema de estadios en grados 0 a 3 forma análoga a como se ha hecho en el presente estudio y a como hiciera Barchilon en 1996. Los rangos de edad en los que se observó cada uno de los estadios en la serie de Michelson fueron (valores mínimo – Máximo):

- Estadio 0 (no osificación): 6 – 40 años
- Estadio 1 (osificación incipiente): 6 – 55 años
- Estadio 2 (osificación en torno al 50%): 16 – 65 años
- Estadio 3 (osificación completa): 21 – 71 años

La conclusión del estudio de Michelson (1934) fue que antes de los 20 años era extraño observar fenómenos de osificación en la primera costilla. Entre los 20 y 40 se observó una aceleración en el ritmo de osificación y habitualmente el estado de osificación fue completo a partir de los 60 años de edad.

En esta misma serie se observó que:

- En sujetos de raza blanca mayores de 55 años todos los sujetos se hallaron en estadios 2 o 3 de osificación.
- En sujetos de raza negra mayores de 55 años todos los sujetos se hallaron en estadios 2 o 3 de osificación.
- En varones de raza negra mayores de 40 años, todos los sujetos se hallaron en estadios 2 o 3 de osificación.

En la serie analizada por Semine y Damon (1975) se pudo observar que la correlación con la edad de la progresión de la osificación de la primera costilla era alta. Así los coeficientes de correlación de Pearson tuvieron unos valores mínimos y máximos de:

- 0,77 en varones de la tribu Lau (Islas Solomon)
- 0,42 en mujeres de la tribu Baegu (Islas Solomon)

En la serie analizada para este estudio se ha podido observar que la correlación con la edad del sistema de osificación por estadios propuesto por Barchilon y Michelson es bastante alto, con valores cercanos a los indicados por Semine y Damon (1975). Así, los valores del coeficiente de correlación de Pearson han sido:

- 0,749 para ambos sexos
- 0,774 para varones
- 0,730 para mujeres

La distribución de los resultados de valores máximos y mínimos han sido para ambos sexos y para cada uno de los estadios:

- Estadio 0: 5 – 19 años (valor extremo de 46 años en varones). Promedio 18 años.
- Estadio 1: 17 – 67 años. Promedio 26 años.
- Estadio 2: 24 – 65 años. Promedio 44 años.
- Estadio 3: 25 – 75 años. Promedio 55 años.

El análisis de la correlación intraobservador ha obtenido un valor alto para el coeficiente kappa. Tal medida permite estimar que el método de estadiaje de Barchilon y Michelson utilizado para este estudio tiene un alto grado de consistencia como prueba reproducible.

En resumen se aprecia que:

- Existe una buena correlación entre la edad y el grado de progresión de la osificación del cartílago costal de la primera costilla
- El estadio 0 no suele hallarse en sujetos de edades superiores a 20 años, aunque se han podido identificar casos extremos hasta en sujetos de 46 años de edad.
- El estadio 1 puede identificarse en un amplio rango de sujetos, pese a su promedio en los 26 años de edad, pudiendo observarse en sujetos entre los 17 y hasta los 65 años de edad.
- Cuando se encuentra un estadio de osificación 2 o 3, la edad mínima observada de los sujetos de la muestra ha sido de 24 años.

En la serie de Michelson (Michelson. 1934), la osificación en varones de raza blanca fue observada en su estadio 3 o de osificación completa a una edad mínima de 21 años, mientras que en varones de raza negra este grado de osificación se observó en sujetos de edades superiores a 25 años, al igual que sucedía en mujeres de ambos grupos raciales. Ya en 1939, King indicaba que el proceso de osificación de la primera costilla no se trataba de un mero proceso de aposición ósea o de calcificación heterotópica, sino que constituía un auténtico

fenómeno de osificación. Propuso este autor que en su desarrollo, esta osificación era reactiva a las fuerzas que incidían en el cartílago costal durante los movimientos de respiración intercostal propios del adulto humano (King, 1939). Del mismo modo, en el estudio de Semine y Damon de 1975 también se señaló que existía una mayor precocidad en el proceso de osificación de la primera costilla en varones y que esta precocidad se encontraba correlacionada con el perímetro de torácico de los sujetos. De este modo, aquellos varones con mayor perímetro torácico tenían una osificación más acelerada que las mujeres y los varones con perímetro torácico menor. Tal hallazgo sugirió a los autores que la osificación del cartílago costal de la primera costilla reflejaba un fenómeno reactivo al estrés intercostal respiratorio (Semine y Damon, 1975). Los valores extremos hallados en esta serie no reproducen exactamente estos hallazgos, de forma que se han podido describir casos de osificación más precoces en algunos casos aislados en mujeres que en hombres. Sin embargo, la distribución de los resultados promedio en el estudio para esta tesis parecen confirmar la hipótesis de los autores precedentes, al apreciarse una discretamente mayor precocidad en la osificación del cartílago costal en varones posiblemente relacionada con el estrés intercostal respiratorio.

Como ya se ha señalado en el apartado anterior, en septiembre de 2.000, el grupo multidisciplinario del Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (AGFAD) elaboró una de las primeras guías para la estimación de la edad en individuos vivos sometidos a procedimientos criminales (Schmeling et al. 2001; Schmeling et al 2001b; AGFAD, 2001). Las guías establecían la necesidad de realizar una serie de pruebas diagnósticas que incluyeran exámenes radiográficos y antropométricos y, una vez practicadas éstas, interpretar los resultados en función de estudios previos en poblaciones adecuadas al sujeto de estudio.

Estas guías recomiendan, para la determinación de la mayoría o minoría de edad penal (18 años) en sujetos vivos, la práctica de las siguientes pruebas:

5. Examen físico: obtención de medidas antropométricas (peso, talla, tipo constitucional); inspección de signos de madurez sexual; identificación de patologías que puedan alterar el desarrollo madurativo.
6. Examen radiográfico de la mano izquierda.
7. Examen externo del estado de la dentición y radiografía dental.
8. Examen radiográfico de la clavícula, en el caso de que interesase confirmar si la edad cronológica es mayor o menor de 21 años de edad.

Al interpretar los resultados, las mismas guías recomiendan que los datos obtenidos de las anteriores pruebas sean contrastados con estudios de referencia adecuados al sujeto específico estudiado. Al seleccionar dichos estudios debieran considerarse como factores significativos de corrección de los resultados las variables étnicas, socioeconómicas y

patológicas, así como el grado de error intra e interobservador. Recomiendan, finalmente, al realizar la valoración pericial definitiva que se especifique el resultado por separado de cada una de las pruebas realizadas y que la estimación de edad se establezca como la más probable, indicando el grado de probabilidad del resultado estimado.

El estudio del grado de osificación de la primera costilla basado en los estadios propuestos por Michelson y Barchilon puede ser considerado un método de diagnóstico complementario y adicional a los ya propuestos por el AGFAD. Esta región anatómica suele ser visible y claramente definible en las radiografías de tórax necesarias para la visualización de la región de la epífisis proximal de las clavículas. A menudo, además, si la proyección radiográfica no es óptima la región epifisaria de la clavícula puede no ser claramente definible por superposición de los elementos óseos adyacentes. En tales casos, la presencia de un estado de osificación del cartílago costal de la primera costilla en estadio 3 puede sugerir que si se trata de un varón la edad mínima estimada del sujeto sería superior a los 21 años de edad y si se trata de una mujer superior a los 25 años.

9.4. Parámetros de degeneración articular en articulaciones acromio y esternoclaviculares:

Las series estudiadas anteriormente por De Palma apreciaban en resumen que:

- En la articulación acromio-clavicular se encuentran datos de degeneración ósea, potencialmente visibles en radiografías, desde los 40 años de edad.
- En la articulación esterno-clavicular se encuentran datos de degeneración ósea, potencialmente visibles en radiografías, desde los 60 años de edad.

En su serie Bonsell et al (2000) llegaron a la conclusión de que no todas las proyecciones radiográficas son óptimas para el estudio de los parámetros degenerativos en la articulación acromio-clavicular. Por otra parte, dentro de ella identificaron como parámetros relacionados con la edad únicamente:

- Esclerosis subcortical
- Osteofitos
- Estrechamiento del espacio articular
- Quistes subcondrales en el acromion

En la serie que se analiza para el estudio actual se ha podido observar cómo los parámetros de la articulación acromio-clavicular de disminución del espacio articular y esclerosis subcondral y de la articulación esterno-clavicular de disminución de espacio presentan una buena correlación con la edad, de modo que la presencia o no de alteración se asocia con grupos de edad distintos. Otros parámetros, como los osteofitos o la esclerosis en la esterno-clavicular cuando aparecen definen a grupos de edad definidos y diferenciados dentro de la muestra total. Finalmente, algunos parámetros se observan de forma excepcional, aunque asociados con grupos de edad elevados, como los quistes subcondrales, la deformidad articular y la subluxación en la acromio-clavicular.

Cuando se suman los valores de todos los parámetros analizados, se obtiene un índice que se ha correlacionado con la edad de los sujetos de la muestra. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson han sido relativamente elevados en algunos casos:

- | | |
|---|-------|
| - Articulación Acromio-clavicular en ambos sexos: | 0,731 |
| - Articulación Acromio-clavicular en hombres: | 0,705 |
| - Articulación Acromio-clavicular en mujeres: | 0,760 |
| - Articulación Esterno-clavicular en ambos sexos: | 0,643 |
| - Articulación Esterno-clavicular en hombres: | 0,539 |
| - Articulación Esterno-clavicular en mujeres: | 0,781 |

Tales valores sugieren que la aparición de fenómenos degenerativos articulares en las articulaciones estudiadas guarda una buena relación con la edad, similar a la descrita en estudios previos. Analizado cada uno de estos fenómenos de forma aislada, se observan hallazgos similares a los descritos por De Palma. Analizados en conjunto mediante el índice de suma descrito, también se han observado resultados promedio similares a los descritos por De Palma, mediante los cuales se pueden identificar datos de degeneración articular en sujetos mayores de 46 años en la articulación acromio-clavicular y en sujetos mayores de 55 años en la esterno-clavicular. No obstante, considerando en su conjunto todos los fenómenos analizados en cada articulación los resultados sugieren una distribución más estratificada de éstos con la edad.

En la serie estudiada se aprecia un elevado número de casos perdidos en la articulación esterno-clavicular. Ello es debido a que las características de las placas estudiadas dificultan una correcta visualización del espacio articular y de la superficie articular esternal y, en no pocas ocasiones, también clavicular. Por ello, pese al elevado valor de correlación, los resultados en esta articulación son de utilidad limitada.

El análisis de correlación intraobservador otorga resultados dispares. Así, mientras la valoración del parámetro de esclerosis subcondral a nivel de la articulación acromio-clavicular tiene un alto grado de reproducibilidad (coeficiente kappa = 0,800), la valoración de la disminución del espacio articular en la misma articulación tiene un grado de reproducibilidad más discreto (coeficiente kappa = 0,545). Tal disparidad sugiere que la valoración de los parámetros que se relacionan con simples características morfológicas, como la presencia o no de esclerosis o la existencia de osteofitos en las superficies articulares, son más claramente identificables en este tipo de imágenes radiográficas digitales. Sin embargo, las valoraciones centradas en definiciones de medida relativa son menos claras en este tipo de imágenes. Existen estudios previos que indican los valores métricos normales de grosor del espacio articular en la articulación acromio-clavicular, pero el tipo de proyección radiográfica manejada para este estudio no es la más adecuada para la identificación con precisión de los límites articulares en esta articulación y ello obliga a que las estimaciones sean realizadas de forma estrictamente subjetiva y no mediante parámetros métricos. De este modo, casos evidentes de disminución del espacio articular, como el ilustrado en la imagen 4 pueden a ser evaluados de forma reproducible, pero otros casos más dudosos pueden ser inadecuadamente estimados como consecuencia de las limitaciones inherentes al tipo de proyección radiográfica manejada.

De la misma manera, pese al elevado valor de correlación con la edad, la impresión tras el análisis de los resultados es la de que la proyección de la articulación acromio-clavicular no resulta óptima para los fines de esta parte del estudio. Sin embargo, la alta correlación con la edad del índice elaborado sugiere que el fenómeno degenerativo articular en esta articulación

puede guardar una buena correlación con la edad cuando se considera como un fenómeno global. Por ello, tal vez sería deseable la ampliación del presente estudio analizando los parámetros valorados de forma conjunta, similar al índice elaborado en este estudio, en las articulaciones esterno y acromio-claviculares pero basándose en proyecciones radiográficas o tomográficas adecuadas al estudio de estas articulaciones.

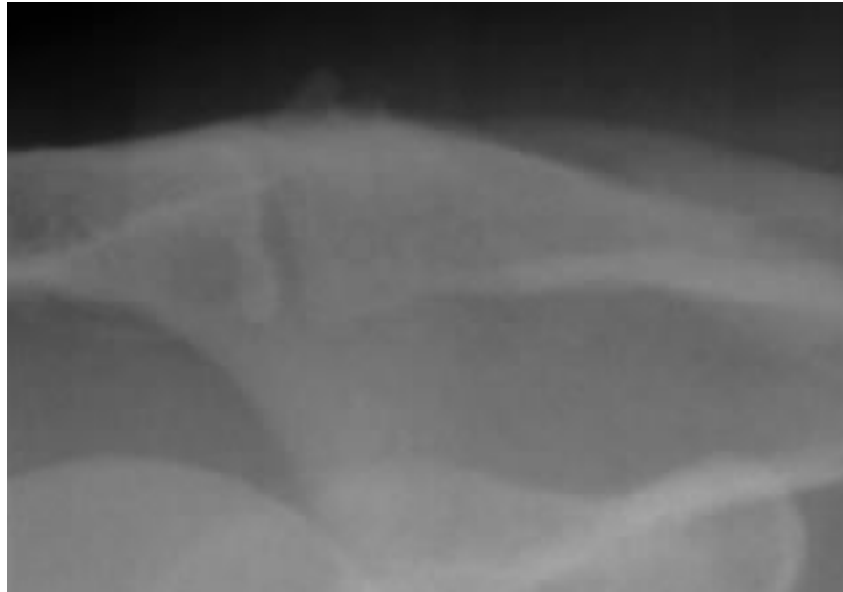


Imagen 17. Ilustración de una caso de estrechamiento del espacio articular y esclerosis en una articulación acromio-clavicular derecha.

9.5. Anomalías en uniones costo-clavicular y coraco-clavicular:

En series previas se han analizado algunas anomalías en las uniones costo y coraco-claviculares. Así, Rogers et al (2000) describieron en una serie osteológica la presencia de Fosa Romboidea en una proporción del 31 a 36% de varones y del 3 a 8 % de mujeres. Añadieron, además, que si la fosa es profunda (estadio 3), es probable que el sujeto sea un varón menor de 30 años de edad.

En la serie de Gumina et al (2002) se apreció la existencia en la unión coraco-clavicular de articulación en un 0,78% de casos. Los autores no encontraron correlación del hallazgo ni con el sexo ni con la edad. De la misma manera indicaron que en series basadas en población mongoloide el porcentaje de esta anomalía llegaba a ser del 21%.

En la serie analizada para este estudio se aprecian en la unión coraco-clavicular un 23,6% de casos de presencia de tubérculo conoide y apenas un 0,4% de articulación. Analizados los datos en relación con la edad y el sexo de los sujetos no se han apreciado datos de distribución que permitan afirmar un predominio de estos fenómenos en ningún grupo de sexo o edad. La correlación intraobservador estimada por tablas de contingencia es muy elevada, sugiriendo la consistencia de las estimaciones.

En la unión esterno-clavicular se ha hallado fosa romboidea en una proporción escasa de casos, apenas en un 1,2% de la muestra. Esta proporción es llamativamente baja en comparación con las series previas estudiadas. Tal diferencia puede explicarse por las diferencias de muestra de origen de ambos estudios. De este modo, mientras la serie de Rogers (2000) analizó material osteológico directamente, la presente serie analiza imágenes radiográficas digitalizadas. De este modo, es muy probable que cambios menores etiquetados por Rogers y cols como fosa romboidea (estadios 0 y 1) pasen desapercibidos en el estudio radiográfico y que estadios intermedios (estadio 2) hayan sido infravalorados interpretándolos como meras variantes de curvatura de la clavícula por parte del investigador. La escasa proporción de resultados positivos tal vez exprese únicamente el carácter poco común del estadio más avanzado de fosa romboidea descrito por Rogers et al (estadio 3) que sería probablemente el único claramente identificable en series radiográficas.

9.6. Índices claviculares:

La correlación con la edad del grosor cortical de la clavícula ha sido estudiada por varios autores previos tanto en muestras de población provenientes de restos óseos como de series radiográficas. Los estudios realizados se han centrado en su mayoría en comparar dicha correlación tomando como indicador del grosor cortical un índice derivado de la razón entre el grosor cortical y el diámetro de la clavícula a nivel de la mitad diafisaria y, con la excepción de la serie publicada por Milenkovic et al (2005), todos los autores han observado resultados escalonados con la edad y han considerado que el citado índice tiene una correcta correlación con la edad.

Fujita et al (1968) estudiaron una serie de radiografías convencionales de tórax postero-antérieures y en ellas midieron el grosor cortical y el diámetro de la clavícula a nivel del tercio medio diafisario. Sus resultados fueron escalonados con la edad, apreciando unos valores medios máximos del 45% en hombres y 55% en mujeres hacia los 30 años y unos mínimos de 30% en sujetos de 70 años.

Antón (1969) también analizó una serie radiográfica similar a la de Fujita y en ella estudió directamente las medidas de grosor cortical en el tercio medio diafisario, llegando también a la conclusión de que los resultados de esta medida también se escalonaban con la edad de los sujetos de la muestra y de forma distinta según el sexo.

Hëlela (1969) también estudió una serie de radiografías de tórax similares a las de Fujita et al y las analizó de la misma manera, llegando a resultados similares. Los valores medios máximos observados en hombres fueron de un 49% en hombres de 23 a 32 años y en mujeres de un 59% en mujeres de 43 a 47 años. Los mínimos fueron de 39% y 27% en mujeres y hombres de 83 a 87 años.

Kaur y Jit (1990) estudiaron una muestra osteológica de clavículas y en ellas midieron la relación entre grosor cortical y diámetro clavicular en el tercio medio de la clavícula. Este índice lo midieron tanto en cortes realizados a la clavícula longitudinales como transversales. Las medidas de los índices transversales agrupadas por edades también presentaron en su distribución por medias y desviación estándar una buena correlación aparente con la edad.

Feducib (2003) estudió una serie de clavículas de las que fueron obtenidas tras ser extraídas del cuerpo radiografías. La proyección de las radiografías, a diferencia de las series radiográfica previas de Hëlela o Fujita, fue en el eje superior a inferior. De este modo, el autor midió el grosor cortical y el diámetro diafisario en el eje antero-posterior de la clavícula, a diferencia de los anteriores que lo hicieron en el eje superior-inferior. Feducib comparó este grosor cortical no sólo con el diámetro total de la clavícula sino también con la longitud total de

la misma. De este modo, obtuvo dos índices claviculares: tipo 1 y tipo 2. Comparando los resultados agrupados por edades también observó en la distribución de medias y desviaciones estándar una buena correlación de ambos índices con la edad.

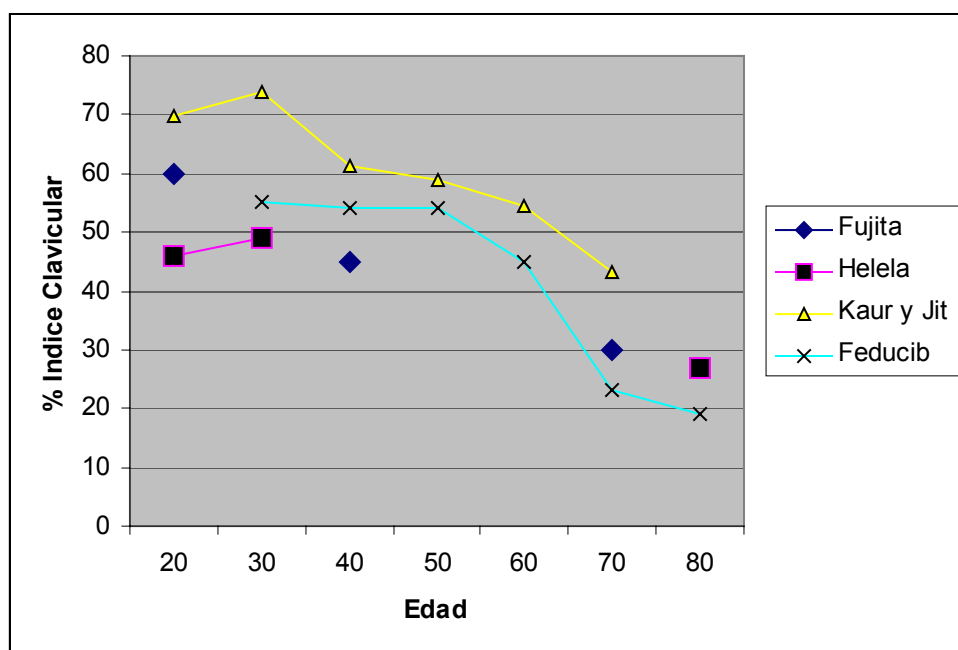


Gráfico 76. Comparación entre índices claviculares analizados en hombres en las series de Fujita (1968), Helela (1969), Kaur y Jit (1990) y Feducib (2003).

Milenkovic (2005) cuando analizó este índice clavicular en piezas óseas observó también una buena correlación del mismo con la edad y el sexo. Sin embargo, cuando intentó valorar las medidas obtenidas mediante radiografías, sus resultados no fueron tan buenos y su correlación con la edad y el sexo no pudo establecerse.

En la serie que se ha analizado para este estudio, las medidas del índice clavicular tipo 1 se han distribuido según las medias de forma levemente escalonada con la edad. Las medidas del índice de tipo 2 no han seguido esta distribución.

Cuando se han obtenido los coeficientes de correlación de Pearson se ha podido comprobar que el mejor índice de tipo 1 en ambos sexos ha sido el correspondiente al índice clavicular medial inferior (-0,271). En mujeres, el mejor índice ha sido el índice clavicular medial total (-0,343) y en hombres el índice clavicular acromial total (-0,298).

Para el índice clavicular medial total, analizado por autores previos, las medidas de correlación por el coeficiente de Pearson han sido: en la muestra general - 0,249, en hombres - 0,186 y en mujeres de - 0,343.

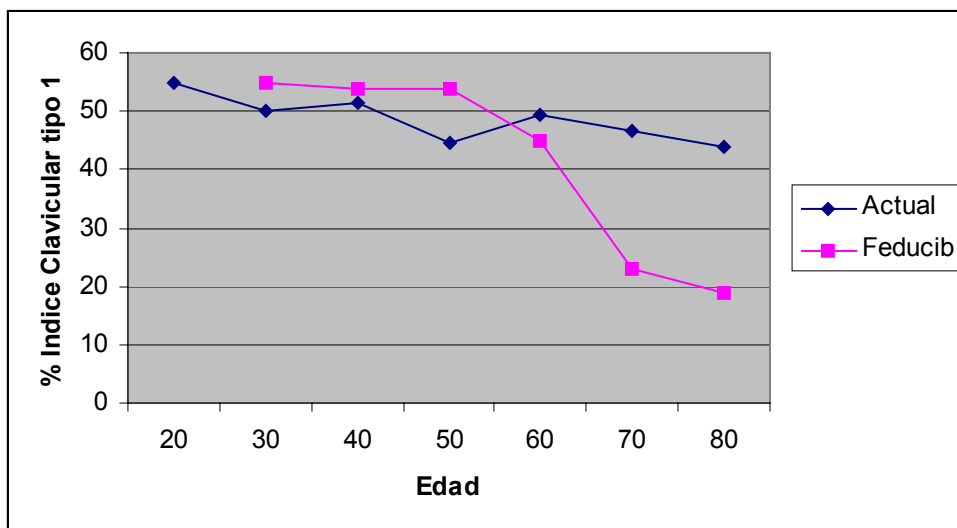


Gráfico 77. Comparación entre medias de índices claviculares analizados en hombres en las series de Feducib (2003) y la analizada para este estudio.

En la serie publicada por Aoyagi et al (1988) en la que se estudio el índice clavicular de tipo 1 a nivel medial en una población de hombres y mujeres de Japón de edades superiores a 40 años, el coeficiente de correlación de Pearson llegó a alcanzar valores elevados, de hasta – 0,69.

La correlación intraobservador analizada mediante el coeficiente de correlación intraclass (ICC) ha dado valores muy elevados, todos ellos superiores a 0,80 tanto en estimaciones individuales como promedio. En general, valores superiores a 0,75 del ICC indican una correlación excelente. Tal valor indica que el observador ha mantenido un criterio relativamente constante en la identificación de los puntos de límite entre las zonas corticales y medulares de la diáfisis de la clavícula.

Sin embargo, en todos los casos de la serie del estudio actual, la medida de la correlación con la edad valorada por el coeficiente de correlación de Pearson ha sido muy baja. En las gráficas de cajas obtenidas para todos los índices tampoco se ha observado que ninguno de los índices estudiados haya dado resultados que se distribuyan de forma diferenciada con la edad o el sexo.

La baja correlación de las medidas del índice clavicular de tipo 2 posiblemente se relacione con el hecho de que en radiografías de tórax postero-anteriores la longitud de la clavícula que puede identificarse no es la misma que la de la clavícula real. Del mismo modo, los índices de tipo 1 a nivel de las mitades esternal y acromial han tenido una baja correlación con la edad, posiblemente como consecuencia del hecho de que habitualmente los puntos de medición en el eje X coincidían con regiones óseas de superposición de otros contornos radiográficos y de desdibujamiento de los de la clavícula, especialmente a nivel de la mitad esternal. También se

ha podido observar la coincidencia del punto de medición con ciertas anomalías osteológicas que pueden alterar la valoración del grosor clavicular completo y del relativo al cortex, como ha sido el tubérculo conoide en la mitad acromial. En esta misma mitad acromial, la morfología aplanada de la clavícula en el eje supero-inferior y su aspecto levemente torsionado posiblemente hayan constituido otros factores adicionales que han colaborado a limitar la validez de las medidas obtenidas.

Dados estos resultados, cabe considerar que los índices analizados de la forma hecha en este estudio no tienen utilidad como predictores de edad o sexo. Estos resultados son análogos a los obtenidos sobre muestras radiográficas por Milenkovic (2005), resaltando este autor su diferencia frente a los buenos resultados obtenidos sobre piezas osteológicas.

La disparidad de resultados con las series previas puede hallarse, en el caso de la serie de Feducib (2003), en el hecho de que las medidas se han obtenido en una proyección radiográfica distinta, supero-inferior en el caso de Feducib y sobre muestra ósea previamente descarnada y ello puede haber afectado a los resultados. En el caso de las series de Helela (1969) o Fujita (1968), posiblemente el hecho de haber utilizado radiografías en formato digital para esta serie frente a las placas convencionales usadas por estos autores pueda haber sido un factor de distorsión que haya impedido alcanzar la precisión en las medidas obtenida por aquellos mediante medios más convencionales.

Autores previos, como Kolveitt et al (1998) ya habían señalado que al realizar mediciones de distancias relativas entre dos puntos en radiografías dentales digitales las mismas tendían a resultar más imprecisas que cuando se realizaban sobre radiografías en placa convencionales. En su estudio, los autores indicaban que al trasladar los resultados de la fórmulas de Kvaal de radiografías en placa a radiografías digitales se apreciaba una marcada disminución de la validez de los mismos y la correlación de las medidas en las que están basadas dichas fórmulas con la edad también disminuía. Un fenómeno similar al señalado por estos autores parece haberse producido en la serie utilizada para el estudio actual.

Una posible explicación a este fenómeno se podría buscar en la propia forma en la que los programas informáticos elaboran las imágenes digitales. Al crear una radiografía digital, en un primer paso, cada unidad sensible (píxel) es estimulada por un impulso eléctrico de un cierto grado, que se expresa en un cierto nivel de valor de gris entre el blanco y el negro. Inicialmente, el sistema almacena estos valores en una escala de valor de gris de 16 bits. En una paso posterior, el programa reduce la amplitud de esta escala y asigna valores restringidos a una escala de grises de 8 bits (256 valores posibles) para cada píxel. Finalmente, en un paso más avanzado, los algoritmos de compresión de la información, destinados a reducir el tamaño relativo de los archivos informáticos, desvinculan el valor de gris de cada píxel y, basándose en las propiedades de dichos algoritmos, pasan a establecer un valor de gris de cada píxel en

relación con los de su entorno. Así, la imagen final expresada en la pantalla del ordenador presenta unos valores de gris de cada píxel que realmente no se corresponden con el nivel original de estimulación de cada uno de ellos, sino que estos valores finales reflejan la relación de aumento o disminución relativo de valor de gris de cada píxel con el resto de los píxeles de un área de la imagen.

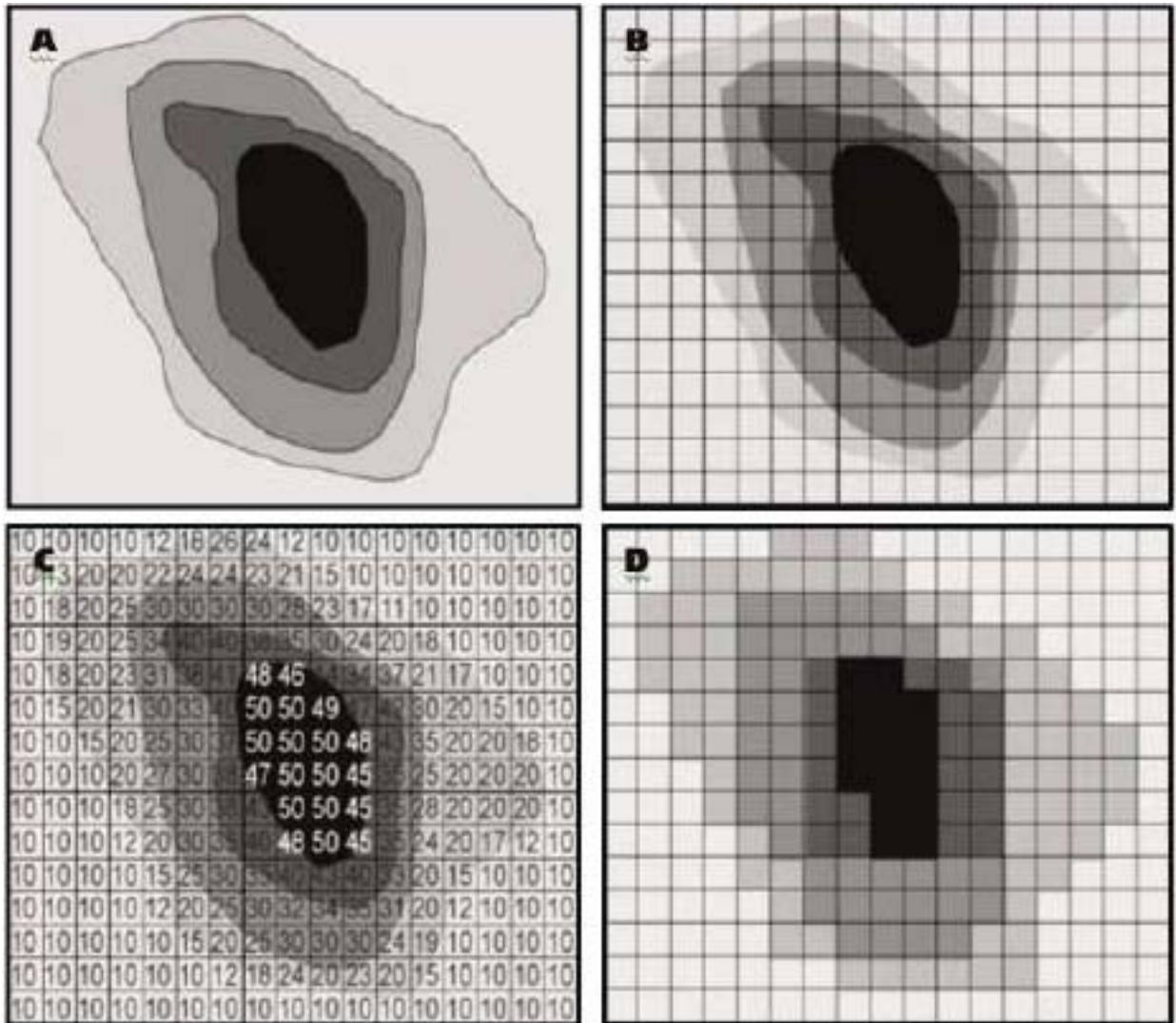


Imagen 18. Del proceso de transformación de una imagen radiográfica inicial hasta su formato digital en píxeles.

En (a) se describen los contornos originales de las densidades radiográficas en escala de grises definibles en una placa radiográfica inicial; en (b) se expresa la superposición de la cuadrícula que corresponde con las unidades de píxeles que conformarán la imagen digital. En (c) se indica como cada píxel de la cuadrícula recibe un valor de asignación de gris antes de la aplicación de los algoritmos de compresión. En esta imagen se observa como el rango de valores alcanza los valores de 10, 12, 15, 17, 18, 19,

20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 34, 35, 38, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48 y 50.

En (d) se aprecia como se presenta la imagen resultante de la trama de píxeles en la pantalla de un ordenador tras la aplicación de los algoritmos de compresión, con visualización de sólo 5 niveles de gris finales para el área analizada.

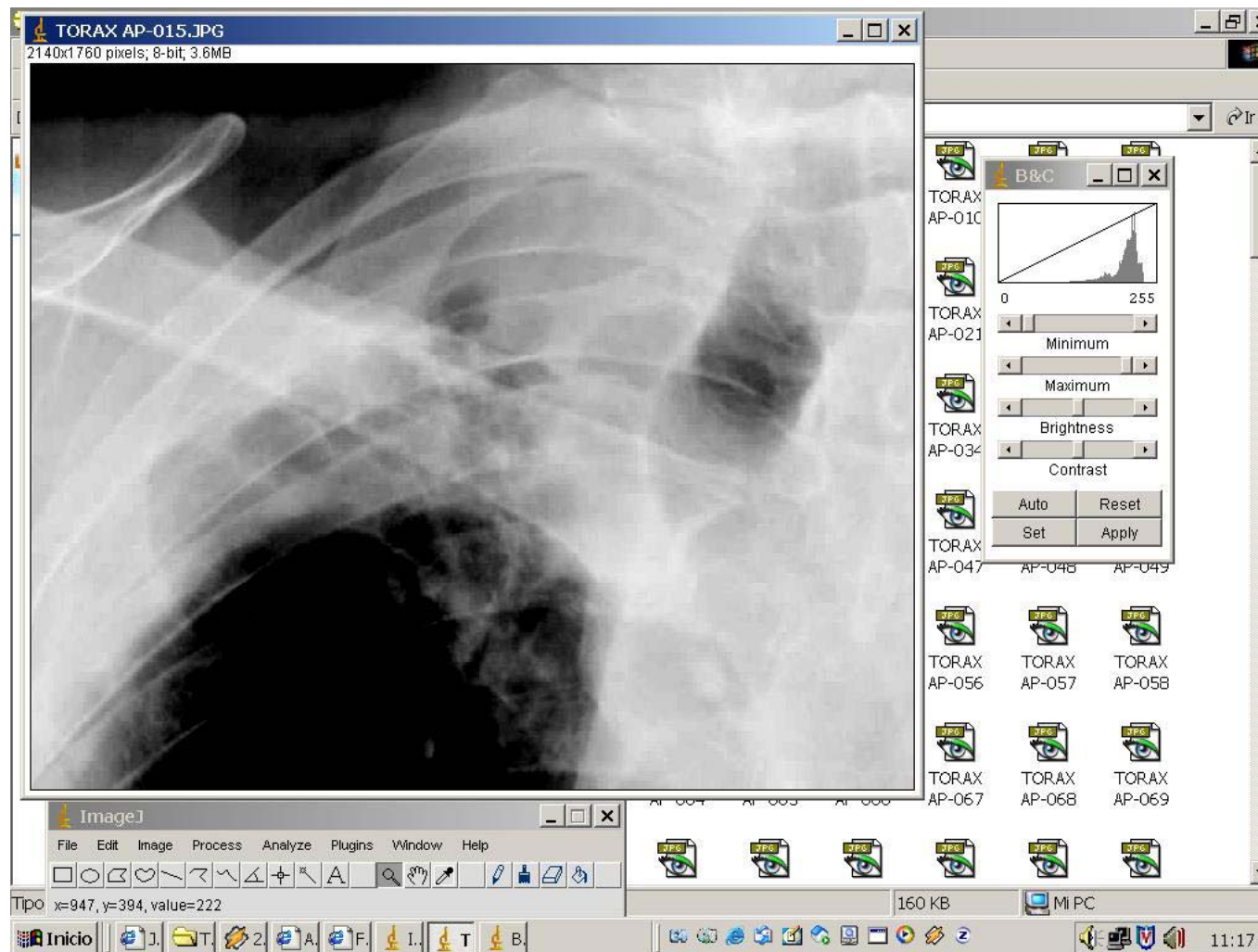


Imagen 19. Captura de imagen digital de la zona medial clavicular en radiografía digital postero-anterior. Ampliación al 100% del tamaño original de la imagen.

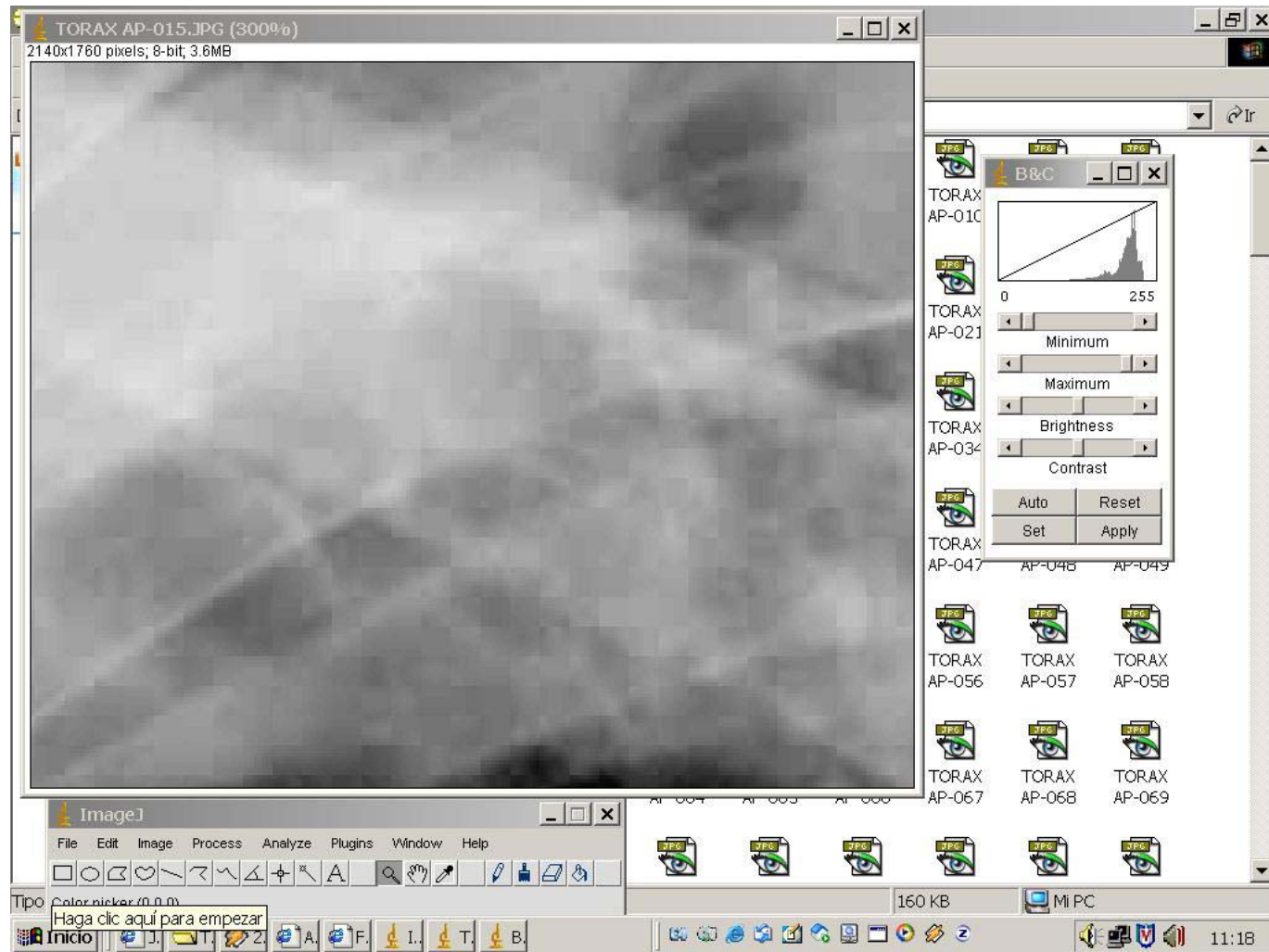


Imagen 20. Captura de imagen digital de la zona medial clavicular en radiografía digital PA. Ampliación al 300% del tamaño original de la imagen.

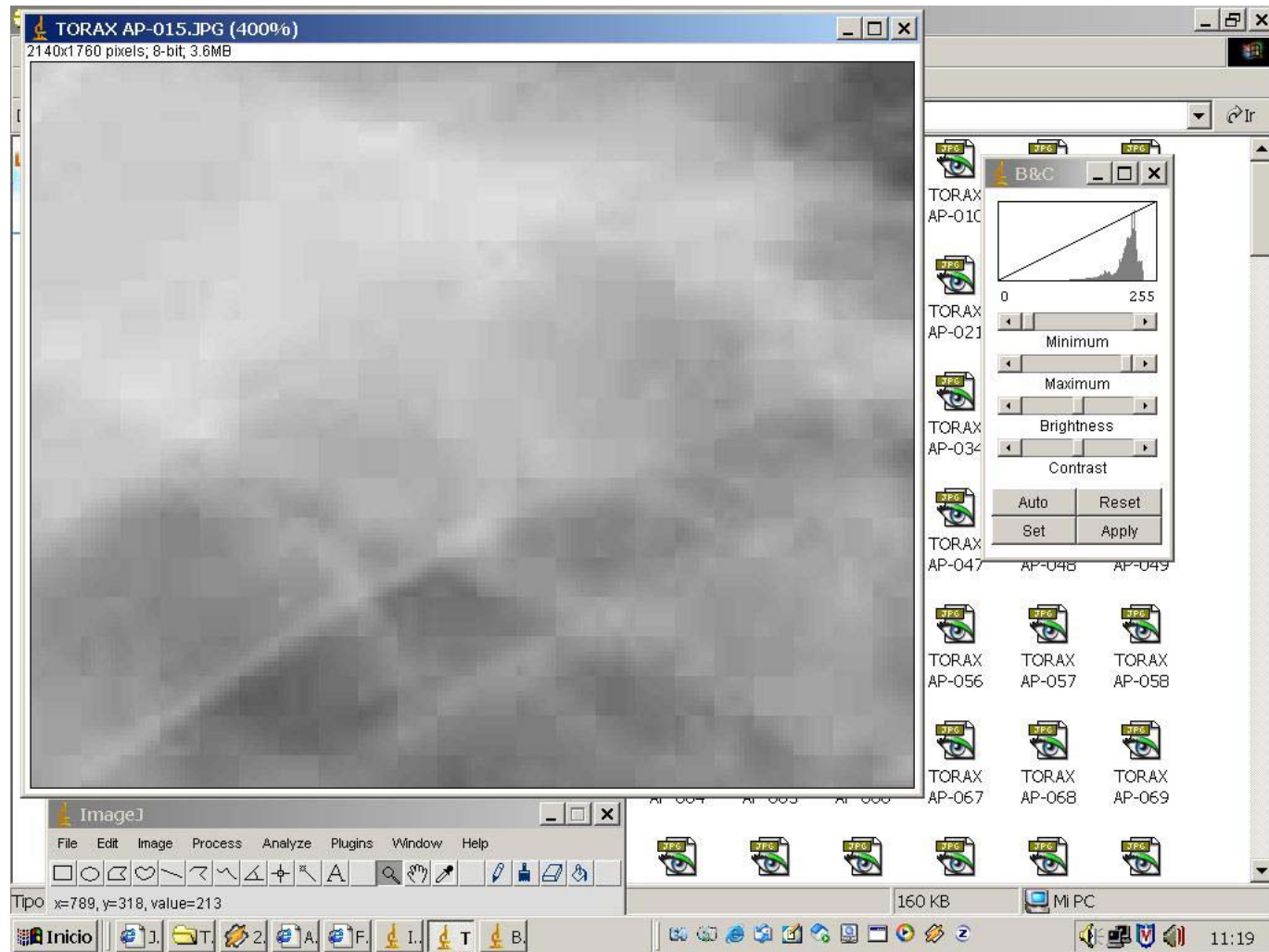


Imagen 21. Captura de imagen digital de la zona medial clavicular en radiografía digital PA. Ampliación al 400% del tamaño original de la imagen.

El procedimiento de digitalización de la imagen ha demostrado ser útil para una reproducción suficiente de los contornos generales de las imágenes con ampliaciones al 100% de las mismas. La imagen digital se restringe a una escala de grises de 256 valores. Los algoritmos de compresión y las utilidades de los programas convierten las diferencias continuas entre los valores de cada píxel a valores de rango en los que cada píxel se relaciona con los de su entorno. Sin embargo, esta reducción resulta suficiente para la capacidad de identificación de contornos del ojo humano, que no es capaz de distinguir más allá de 100 niveles de valor entre el negro y el blanco. Además, entre la imagen recibida en la retina y su visualización consciente, una serie de procesos cerebrales reagrupan y recodifican los datos de la retina limitando el impacto de estas reducciones en la elaboración final de la imagen por el cerebro.

En la serie de este estudio la radiología digital ha demostrado ser útil para la estimación de parámetros como la osificación del cartílago costal de la primera costilla, basado únicamente en contornos óseos generales identificados en radiografías.

Sin embargo, cuando en los estudios se pretende identificar puntos específicos de un contorno, especialmente cuando se precisa una magnificación de la imagen más allá del 100% de su valor original, las radiografías digitales manifiestan una grave limitación para que el ojo y el cerebro humanos puedan localizar con precisión tales puntos. Además, por el propio proceso de elaboración de la imagen digital, en las ampliaciones de la misma el aspecto de un píxel en una zona limitante puede no corresponder exactamente con el valor relativo que el ojo humano tal vez le hubiese asignado si hubiese podido contar con una imagen radiográfica original. Tales limitaciones puede que expliquen de alguna manera la razón por la cual, en el actual estado de evolución de la informática, las medidas realizadas en radiografías digitales no otorguen resultados tan precisos como las descritas por varios autores sobre radiografías convencionales.

Capítulo 10:

ESTUDIO SOBRE UNA MUESTRA DE RADIOGRAFÍAS DIGITALES.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El estudio realizado sobre la muestra de población analizada ha llevado a las siguientes conclusiones:

1. La fusión del asta mayor del hioides no es un buen parámetro de identificación de la edad. Además, conocida la edad de un sujeto no es posible predecir si el estado de fusión de dicha región será ausente o completo.
2. Diversos estudios de Patología Forense indican que los estados de ausencia de fusión del asta mayor del hioides con el cuerpo del hioides pueden ser confundidos con fracturas del hioides.
3. Los estudios analizados indican que en la producción de fracturas del hioides por mecanismos de compresión cervical el estado de no fusión del asta mayor con el cuerpo del hioides no es incompatible con la producción de fracturas, a pesar de lo sugerido por algunos tratados clásicos de Patología Forense.
4. En todos los casos de autopsia médico legal con sospecha de asfixia mecánica por compresión cervical debiera realizarse siempre un estudio complementario a la autopsia macroscópica de tipo radiográfico e histopatológico para poder interpretar correctamente el hallazgo de una posible fractura y el estado de fusión de ambas astas mayores del hioides.
5. En relación con la fusión de la epífisis proximal de la clavícula, en la serie analizada para esta tesis, la edad mínima a la que se ha podido identificar el estadio 4 o 5 de Schmeling ha sido la de 19,7 años. Este resultado es inferior a los manejados por autores como Schmeling et al o Kreitner et al, pero similar al apuntado por otros autores, como Richel o Schulze et al.
6. En caso de utilizar la fusión de la epífisis proximal de la clavícula entre los parámetros propuestos por el AGFAD como método de estimación de edad, aparte de expresar los resultados basándose en las estimaciones de probabilidad sugeridas por Kreitner et al y Schulze et al, es necesario dejar constancia de valores extremos como los indicados para el estadio 4 o 5 de Schmeling para una correcta información a las autoridades judiciales o fiscales sobre las limitaciones de la estimación de mayoría de edad basada en este parámetro.

7. La osificación del cartílago costal de la primera costilla presenta una buena correlación con la edad cuando se cuantifica mediante el sistema de estadios propuesto por Michelson y Barchilon.
8. En la serie de estudio de esta tesis, la costilla primera en estadio 0 de Michelson y Barchilon ha correspondido habitualmente con sujetos de edades inferiores a 20 años de edad. Los estadios 2 y 3 no se han observado en sujetos de edades inferiores a 24 años.
9. El estudio conjunto de otras series previas que han analizado la osificación de la primera costilla indica que la edad mínima a la que se ha observado la existencia de una estadio 3 de Michelson y Barchilon en la primera costilla ha sido de 21 años en varones y de 25 años en mujeres.
10. El grado de osificación de la primera costilla basado en el sistema de estadios de Michelson y Barchilon puede constituir un parámetro adicional y complementario a los ya recomendados por el AGFAD para el diagnóstico de edad en sujetos entre 18 y 21 años de edad.
11. A propósito de los parámetros de degeneración articular de las articulaciones acromioclavicular y esterno-clavicular, cuando los mismos se han considerado dentro de un fenómeno global de degeneración articular se ha podido observar una buena correlación de los mismos con la edad.
12. En la unión coraco-clavicular se ha identificado una alta proporción de sujetos con tubérculo conoide (23,6 %) sin que se haya podido confirmar un predominio en ningún grupo de edad o sexo.
13. En la unión costo-clavicular la depresión local o fosa romboidea se ha podido identificar con poca frecuencia dentro de la muestra (1,2 %). Esta baja proporción frente a series previas posiblemente refleje las limitaciones de los métodos radiográficos para identificar con precisión este rasgo osteológico en sus formas menos acusadas (valores inferiores al estadio 3 de Rogers).
14. Entre los índices corticales claviculares estudiados en las diáfisis de las clavículas el índice medial inferior es el que ha demostrado una mejor correlación con la edad. Sin embargo, la correlación con la edad de todos los índices estudiados ha sido muy baja, en oposición a los datos sugeridos por autores previos, como Fujita et al sobre placas radiográficas no digitalizadas.

15. No ha podido establecerse que los índices corticales diafisarios claviculares obtenidos a partir de radiografías digitales constituyan un buen parámetro predictor de la edad.

16. La valoración conjunta de todos los parámetros analizados sugiere que por sus características técnicas las radiografías digitales obtenidas por métodos directos no son un formato ideal para estudios basados en mediciones métricas. En el caso de precisar ampliaciones de la imagen a valores del 100% o superiores, la identificación fina de puntos específicos en estos contornos con el fin de elaborar desde ellos medidas de distancia relativa entre dos puntos presenta severas limitaciones, lo que resta utilidad a las radiografías digitales usadas con estos fines en investigaciones radiográficas en el campo de la Antropología Física.

17. La valoración conjunta de todos los parámetros analizados sugiere que las radiografías digitales obtenidas por métodos directos pueden constituir un método de investigación suficientemente adecuado para la identificación de rasgos osteológicos correspondientes a contornos óseos significativos en investigaciones radiográficas en el campo de la Antropología Física.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Acsádi G, Nemeskéri J. History of human span and mortality. Budapest. Akadémiai Kiadó.1970.
2. Acheson RM. The Oxford method of assessing skeletal maturity. Clin Orthop.1957;10:19-24
3. Adair FL, Scammon RE. Ossification centers of the wrist, knee and ankle at birth with particular reference to the physical development and maturity of the newborn. Am J Obst Gynec.1921;2:35-60.
4. Adams BJ, Maves RC. Radiographic identification using the clavicle of an individual missing from the Vietnam conflict. J Forensic Sci. 2002;48(2):369-373.
5. Aicardi G, Vignolo M, Milani S, Naselli A, Magliano P, Garzia P. Assessment of skeletal maturity of the hand-wrist and knee: a comparison among methods. Am J Human Biol.2000;12:610-615.
6. Ahlqvist J, Damsten O. A modification of Kerley's method for the microscopic determination of age in human bone. J Forensic Sci. 1969;14:205-212.
7. Albers-Schoenberg HE. Demonstration zweier ägyptischer Mumien. Verhandlungen der Deutschen Roentgen-Gesellschaft 1905;1:118-119.
8. Alemán I. Determinación del sexo en el esqueleto postcraneal. Estudio en una población mediterránea actual. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 1996.
9. Analoui M, Buckwalter K. Archivo, recuperación y tratamiento de imágenes radiográficas digitales. Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Aplicaciones de las distintas modalidades de radiología digital en odontología. 2000;2:367-388
10. Andersen E. Comparison of TW2 and GP methods in a large scale Danish survey. Am J Phys Anthropol, 1971; 35: 373-376.
11. Andersen H. Histochemistry and development of the human shoulder and acromio-clavicular joints with particular reference of the clavicle. Acta Anatomica.1963;55:124-165.
12. Anderson DL, Thompson GW, Popovich F. Age of attainment of mineralization stages of the permanent dentition. J Forensic Sci. 1976;21:191-200.
13. Anguita ML. Radiología convencional y su aplicación a la Valoración del Daño Corporal. VII Jornadas de Valoración del Daño Corporal. Madrid 10 a 11-5-2007. Fundación Mapfre.
14. Angyal M, Dérczy K. Personal identification on the basis of antemortem and postmortem radiographs. J Forensic Sci. 1998;43(5):1089-1093
15. Anthony R, Martin-Hirsch D, England J. Dysphagia secondary to iatrogenic hyoid bone fracture. Br J Neurosurg.2000;14(4):337-8
16. Anton HC. Width of clavicular cortex in osteoporosis. Br Med J.1969;1:409-411

17. Anton HC. Thinning of the clavicular cortex in adults under the age of 45 in osteomalacia and hyperparathroidism. *Clin Radiol*.1979;30(3):307-310.
18. Aoyagi K, Takemoto T, Moji K. Changes in Cortical thickness of the clavicle and serum bone gamma-carboxyglutamic acid-containing protein in the elderly in a island community in Western Japan. *Tohoku J Exp Med*.1988;156:251-258.
19. Aslam M, Rajesh A, Entwisle J, Jeyapalan K. MRI of the sternum and sternoclavicular joints. *Br J Radiol*.2002;75:627-634
20. Ashizawa K, Asami T, Anzo M et al. Standard skeletal maturation of Tokyo children. *Ann Human Biol*, 1996;23(6):457-469.
21. Atkins L, Potsaid MS. Roentgenographic identification of human remains. *JAMA*. 1978;240(21):2307-2308.
22. Aubin JE, Lemieux M, Tremblay M, Behringer RR, Jeannotte L. Transcriptional interferences at the Hoxa 4/ Hoxa 5 locus: importance of correct Hoxa 5 expression for the proper specification of the axial skeleton. *Developmental Dynamics*.1998;212:141-156.
23. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved versión of the cervical vertebral maturation (CMV) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*. 2002 Aug;72(4):316-323.
24. Banejee KK, Agarwal BBL. Estimation of age from epiphyseal union at the wrist and ankle joints in the capital city of India. *For Sci Int*, 1998;98:31-39.
25. Bañón R. El estudio de la edad ósea en el carpo y en otras regiones anatómicas aplicado a la estimación de minoría de edad. *Jornadas sobre Determinación de edad en menores indocumentados*. Donostia, marzo de 2004.
26. Barchilon V, Hershkovitz I, Rotschild BM, Wish-Baratz S, Latimer B, Jellema LM, Hallel T, Arensburg B. Factors affecting the rate and pattern of the first costal cartilage. *Am J Forensic Med Pathol*.1996;17(3):239-247.
27. Barrés DR, Durigon M, Paraire F. Age estimation from quantitation of features of "chest plate" X-Rays. *J Forensic Sci*.1989;34(1):228-233.
28. Basmajain JV, Slonecker CE. Grant's method of Anatomy. A clinical problem – solving approach. Baltimore, MD: Williams and Wilkins. 1989.
29. Bass WM. Human Osteology: a laboratory and field manual of the human skeleton. Columbia, Missouri; Missouri Arch. Society, Special Public nº 2. 1986.
30. Baxes GA. Digital image processing: Principles of and applications. New York, John Willey & Sons.1994.
31. Benso L, Vanelli S, Pastorin L et al. Variation of bone age pro- gression in healthy children. *Acta Pediatr*, 1997; 423 (suppl): 109-112.
32. Betz P, Eisenmenger W. Frequency of throat-skeleton fractures in hanging. *Am J Forensic Med Pathol*.1996;17(3):191-193
33. Beunen G, Cameron N. The reproducibility of TW2 skeletal age assessment by a self-taught assessor. *Ann Human Biol*, 1980; 7(2): 155-162

34. Beunen G, Lefevre J, Ostyn M et al. Skeletal maturity in Belgian youths assessed by the Tanner-Whitehouse method (TW2). *Ann Human Biol*, 1990; 17(5): 355-376.
35. Bioindi J, Weiner DS, Bethem D, Reed VF. Correlation of Risser sign and bone age in adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop*.1985;5:697-701
36. Birkner R. Normal Radiographic patterns and variances of the Human skeleton. An x-Ray atlas of adults and children. Baltimore (Munich): Urban and Schwarzenberg.1978.
37. Black SM ,Scheuer JL. Age changes in the clavicle: from the early neonatal period to skeletal. *Int J Osteoarchaeol*.1996;6:425-434
38. Blankenship JA, Mincer HH, Anderson KM, Woods MA, Burton EL. Third molar development in the estimation of chrnologic age in american blacks as compared with whites. *J Forensic Sci*. 2007;52(2):428-433.
39. Blenkin MRB. Forensic Dentistry and its Application in Age Estimation from the Teeth using a Modified Demirjian System. Tesis doctoral. 27-Mar-2006. University of Sydney. Community Oral Health and Epidemiology
40. Bohan TL, Heels EJ. The case against Daubert: the new scientific evidence "standard" and the standards of the several states. *J Forensic Sci*. 1995;40(6):1030-1044
41. Böni T, Rühli FJ, Chem RK. History of paleoradiology: early published literature, 1896-1921. *Can Assoc Radiol*.2004;55(4):203-210.
42. Bonsell S, Pearsall AW, Heitman RJ, Helms CA, Major NM, Speer KP. The relation of age , gender and degenerative changes observed on radiographs of the shoulder in asymptomatic individuals. *J Bone Joint Surg (Br)* 2000;82B:1135-1139
43. Borovansky L, Hněvkovský O. Growth of the body and process of ossification in Prague boys from 4 to 19 years. *Anthropologie Praha*.1929;7:169-208.
44. Bosmans N, Ann P, Aly M, Willems G. The application of Kvaal's dental age calculations technique on panoramic dental radiographs. *Forensic Sci Int*. 2005;In press corrected proof.
45. Brogdon BG. *Forensic Radiology*. CRC Press 1998.
46. Bueno M, Sarría A, Bueno M. Estudio de la maduración ósea en niños obesos aragoneses de ambos sexos. *An Esp Pediatr*, 1996; 45: 29-32.
47. Buikstra JE, Ubleaker DH. Standards for data collection from human skeletal remains. *Arkansas Archeological Survey research series*, nº 44.1994.
48. Bujaldon-Daza JM, Rodríguez-Argaiz R, Bujaldon-Daza AL. Estudio preliminar sobre la validez del índice de maduración de las vértebras cervicales como herramienta diagnóstica para la planificación ortodóncica. *RCOE* 1998; 8:751-760.
49. Büken B, Safak AA, Yazici B, Büken E, Mayda AS. Is the assessment of bone age by the Greulich-Pyle meted reliable at forensic age estimation for Turkish children? *Forensic Sci Int*. 2007;DOI:10.1016/j.forsciint.2007.02.023

50. Byung Do Lee, Stuart C. White. Age and trabecular features of alveolar bone associated with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:92-98
51. Caltabiano M, Leonardi R, Zaborra G. Valutazione delle vertebre cervicali per la determinazione dell'età scheletrica.. *Riv Ital Odontoiatr Infant*.1990;1(3):15-20
52. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Variations in Pulp / Tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J Forensic Sci*. 2004;49(2):317-319
53. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Precision and reliability of Pulp / Tooth area ratio (RA) of second molar as an indicator of adult age. *J Forensic Sci*.2004;49(6):1-5
54. Cameriere R, Ferrante L, Mirtella D, Rollo FU, Cingolani M. Frontal sinuses for identification:quality of classifications, possible error and potential corrections. *J Forensic Sci*.2005;50(4): DOI: 10.1520/JFS2004343
55. Carreño Carreño E, Carreño García, Menéndez Núñez M. Estudio comparativo de la maduración esquelética mediante radiografía de mano y de vértebras cervicales. *Ort Esp* 2000; 40(3):125-137.
56. Casas JD, Rodríguez MS. *Manual de Medicina Legal y Forense*. Colex.2000
57. Castriota-Scanderbeg A, Sacco MC, Emberti-Gialloreti L, Fraracci L. Skeletal age assessment in children and young adults: comparison between a newly developed sonographic method and conventional methods. *Skeletal Radiol*.1998;27(5):271-277
58. Castriota-Scanderberg A, De Micheli V. Ultrasound of femoral head cartilage: a new method of assessing bone age. *Skeletal Radiol*. 1995;24:197-200
59. Cave AJE. The nature and morphology of costoclavicular ligament. *J Anat*.1961;95:170-179
60. Cesarani F, Martina MC, Ferraris A, Grilletto R, Boano R, Marochetti FF, Donadoni AM, Gandini G. Whole body three dimensional multidetector CT of 13 Egyptian mummies. *AJR*.2003;180:597-606.
61. Cesarani F, Martina MC, Grilletto R, Boano R, Donadoni Roveri AM, Capussotto V, Giuliano A, Celia M, Gandini G .Facial Reconstruction of a Wrapped Egyptian Mummy Using MDCT. *AJR*.2004;183:755-758
62. Clarot F, Le Dosseur P, Vaz E, Proust B. Skeletal maturation and ethnicity. *Leg Med*.2004;6:141-142
63. Cockshott WP. The geography of coracoclavicular joint. *Skeletal Radiol*. 1992;21:225-227
64. Cologlu AS, Iscan MY, Yavuz MF, Sari H. Sex determination from the ribs of contemporary Turks. *J Forensic Sci*.1998;43(2):273-276.
65. *Commonwealth vs Devlin*, 365 Mass 149, 1974.
66. Cool SM, Hendrikz JK, Wood WB. Microscopic age changes in the Human Occipital Bone. *J Forensic Sci*.1995;40(5):789-796

67. Corrigan GE. The neonatal scapula. *Biologia Neonatorum*.1960;2:159-167
68. Cox LA. Tanner-Whitehouse method of assessing skeletal maturity: problems and common errors. *Horm Res*, 1996; 45(suppl 2): 53-55.
69. Cronk CE. Fetal growth as measured by ultrasound. *Yrbk Phys Anthropol*.1983;26:65-89.
70. Crowder Ch, Austin D. Age ranges of epiphyseal fusion in the distal tibia and fibula of contemporary males and females. *J Forensic Sci*.2005;50(5): DOI: 10.1520/JFS2004542.
71. Culbert WL, Law FM. Identification by comparison of Roengenograms of nasal sinuses and mastoid processes. *JAMA*.1927;88:1634-1636.
72. Culbert WL, Law FM. Identification of the body by comparison of radiographs of nasal acesiry sinuses and mastoid processes. *Transactions of Thirty-second Annual Meeting of American Latyngological,Rhinological and Otological Society*.1926:248-250
73. Culin S. An archaeological application of the Roentgen rays. *Bull Free Museum of Science and Department of Archaeology and Palaeontology, University of Pennsylvania*. 1898;4:182-183.
74. Chandler NP, Pitt Ford TR, Monteith BD. Coronal pulp size in molars: a study of bitewing radiographs. *Int Endod J*. 2003 Nov;36(11):757-763.
75. Chang HP, Liao CH, Yang YH, Chang HF, Chen KC. Correlation of cervical vertebra maturation with hand-wrist maturation in children. *Kaoshiung J Med Sci*.2001;17(1):29-35.
76. Cho BP, Kang HS. The articular facets of coracoclavicular joints in Koreans. *Acta Anat*.1998;163:413-414.
77. Christiansen AM. The impact of Daubert: implications for testimnoy and research in forensic anthropology (and the use of frontal sinuses in personal identification). *J Forensic Sci*. 2004;49(3):427-430
78. Cho H, Stout SD, Madsen RW, Streeter MA. Population-specific histological age-estimating method: a model for known African-American and European-American skeletal remains. *J Forensic Sci*. 2002 Jan;47(1):12-18
79. *Daubert vs Merrell Dow Pharmaceuticals,Inc.*, 509 U.S. 579 (1993) (Sentencia Judicial)
80. Davies DA, Parsons FG. Age order of appearance of epiphyses and their fusion with the diaphyses. *J Anat*.1927;62:58-71.
81. De Palma AF. Degenerative changes in the sternoclavicular and acromioclavicular joints in various decades. *Pub 309 American lecture series*, Springfield Illinois, Charles C Thomas Pub, 1957.pp5-155.
82. De Palma AF. Surgical anatomy of acromioclavicular and sternoclavcular joints. *Surg Clin North Am*. 1963 Dec;43:1541-1550.

83. Dedekind A. Durchleuchtung von Mummien mittelst Roentgenstrahlen. Prometheus 1897;(8/20)384:318-319.
84. Dedekind A. A novel use for the Roentgen rays. Br J Photogr 1896:131.
85. Demirjian A, Goldstein H. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. Ann Hum Biol. 1976 Sep;3(5):411-421.
86. Demirjian A, Goldstein LH, Tanner JH. A new system of dental age assessment. Human Biol.1973;42:211-227
87. Destouet JM, Gilula LA, Murphy WA, Sagel SS. Computed tomography of the stereo-clavicular joint and sternum. Radiology.1981;138:123-128
88. Di Maio DJ, Di Maio VJM. Forensic Pathology. CRC Press. 1993.
89. Di Maio VJM. Homicidal asphyxia. Am J Forensic Med Pathol.2000;21(1):1-4.
90. Di Nunno N, Lombardo S, Costantinides F, Di Nunno C. Anomalies and alterations of the hyoid-larynx complex in forensic radiographic studies. Am J Forensic Med Pathol.2004;25(1):14-19
91. Di Nunno N, Costantinides F, Bernasconi P, Lombardo S. Radiographic magnification in the diagnosis of traumatic lesions of the hyoid-larynx complex. Int J Leg Med. 1998;111:38-42
92. Djuric MP. Anthropological data in individualization of skeletal remains from a Forensic context in Kosovo - A case history. J Forensic Sci.2004;49(3):464-468.
93. Doorenbos H. Radiography of the medial ends of the clavicle by the method of the Dutch immigration and Naturalisation Service is unsuitable for determining adulthood (comment). Ned Tijdschr Geneesk.2005;149(6):323
94. Drusini AG. Age estimation from teeth using soft X-ray findings. Anthropol Anz.1993;51(1):41-46
95. Drusini AG, Toso O, Ranzato. The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. Am J Phys Anthropol.1997;103(3):353-363
96. Du Chesne A, Benthaus S, Brinkmann B. Manipulated radiographic material: capability and risks for the forensic consultant?. Int J Leg Med 1999;112:329-332
97. Dudar JC. Identification of rib number and assessment of intercostal variation at the sternal end rib. J Forensic Sci.1993;38(4):788-797.
98. Dudar JC, Pfeiffer S, Saunders SR. Evaluation of morphological and histological adult skeletal age-at-death estimation techniques using ribs. J Forensic Sci.1993;38(3):677-685.
99. Dundaroz MR, Sarici SU, Denli M et al. Bone age in children with nocturnal enuresis. Int Urol Nephrol, 2001; 32(3): 389-391.
100. Dutra FR. Identification of a person and determination of cause of death from skeletal remains. Arch Path.1944;38:339-349
101. Eder JML, Valenta E. Versuche ueber Photographie mittelst der Roentgen'schen Strahlen von Regierungsrath Dr. J.M. Eder und E. Valenta. Herausgegeben mit Genehmigung des k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht von der k. k. Lehr-

und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductions-Verfahren, Wien. Wien: R. Luchner (W. Mueller); 1896.

102. Eliachar I, Goldsher M, Golz A, Joachims HZ. Hyoid bone fracture with pharyngeal lacerations. *J Laryngol Otol.*1980;94(3):331-5
103. Ernsts G. *Fortschr. A. d. Geb. D. Röntgenstrahlen.*1920;39:485-494 (citado por Michelson N, 1934)
104. European Commission. Radiation protection. Medico-legal exposures, exposures with ionising radiation without medical indication. Proceedings of the International Symposium. Dublin, 4-6 september 2002. European Communities. 2004
105. Farman AG, Farman TT. Sistemas extraoral y panorámico. *Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Aplicaciones de las distintas modalidades de radiología digital en odontología.* 2000;2:277-294
106. Fawcett J. The development and ossification of the human clavicle. *J Anat.*1913;47:225-234
107. Fazekas IG, Kósa F. *Forensic Fetal Osteology.* Budapest: Akadémiai Kiadó.1978
108. *Federal Rules of Evidence.*1975;2000
109. Fedvcib CB. Roentegenogrammetry in diagnosis of age-dependent changes of the bone tissue. *Ukranian Journal of Radiology.*2003;11(1):21-24.
110. Felgin G. Frequency of neck organ fractures in hanging. *Am J Forensic Med Pathol.*1999;20(2):128-130.
111. Field EJ, Harrison RJ. *Anatomical terms: their origin and derivation.* Cambridge: Heffer.1957
112. Fischer E. Verkalkungsformen de Rippenknorpel. *Fortschr. a .d. Geb. D. Röntgenstrahlen u. d. Nuklearmedizin.*1955;82:474-481 (citado por Navani et al. 1970)
113. Fitzpatrick JJ, Shook DR, Kaufman BL, Wu SJ, Kirschner RJ, MacMahon H, Levine LJ, Mapples W, Charletta D. Optical and digital techniques for enhancing radiographic anatomy for identification of human remains. *J Forensic Sci.*1996;41(6):947-959.
114. Flecker H. Roentgenographic observations of the times of appearance of epiphyses at the medial end of the clavicle. *J Anat.* 1933;67:118-164
115. Flecker H. Time of appearance and fusion of ossification centers as observed by Roentgenographic methods. *AJR.* 1942;47:97-159
116. Fleshman K. Bone age determination in a pediatric population as an indicator of nutritional status. *Trop Doct,* 2000; 30(1): 16-18.
117. Franchi L, Bacetti T, McNamara JA. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2000;118:335-340.
118. Francis CC, Werle PB. Appearance of centers of ossification from birth to 5 years. *Am J Phys Anthropol.*1939;24:273-299

119. Francis CC. Factors influencing appearance of centers of ossification during early childhood. *Am J Dis Child*.1940;59:1006-1012
120. Frazer JE. *The anatomy of human skeleton*. 4th Edition. London, Churchill. 1948.
121. Freyschmidt J, Brossmann J, Wiens J, Sternberg A. *Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography*. 5th English Edition, 2.001. George Thieme Verlag.
122. Frost EB. Experiments on the x-rays. *SCI(sec. Series)*.1896;3:235
123. Frost HM. Quoted by Frost HM. Mechanical determinants of skeletal architecture: Bone modelling. In *The Scientific Basis of Othpedics*. (Eds Albright JA, Brand RA) Appleton & Lange, Norwalk, Connecticut 1987:185-241
124. Frutos LR. Determination of sex from the clavicle and scapula in a Guatemalan contemporary rural indigenous population. *Am J Forensic Med Pathol*.2002;23(3):284-288
125. *Frye vs United States*, 54 App.D.C.46, 293 F. 1013. 1923 (Sentencia)
126. Fujita T, Orimo H, Ohata M, Yoshikawa M. Changes in the cortical thickness of the clavicle according to age. *J Am Geriatr Soc*.1968;16(4):458-462
127. Fully G, Dehouve A. Renseignements apportés dans la détermination de l'âge par l'étude anatomique et radiologique du sternum et des côtes. *Annales de Médecine Légale*.1965;45:469-474.
128. Galstaun G. A study of ossification as observed in Indian subjects. *Indian J Med Res*. 1937;25:267-324
129. Galstaun G. Some notes on the union of epiphyses in Indian girls. *Indian Med Gazz*. 1930;March.
130. Garamendi PM, Landa MI, Ballesteros J, Solano MA. Reliability of the methods applied to assess age minority in living subjects around 18 years old. A survey on a Moroccan origin population. *Forensic Sci Int*.2005;154:3–12
131. Garamendi PM, Landa MI. Estimación Forense de la edad: revisión bibliográfica. *Cuad Med For*.2003;31:13-24.
132. García O. Parámetros de identificación forense y criminalística biológica. En *La prueba del ADN en medicina forense*. Dir: M^a Begoña Martínez Jarreta. Ed. Masson. 1999:286-300
133. García-Fernandez P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod* 1998; 4:221-225.
134. Gardner E. The early development of the shoulder joint in staged human embryos. *Anatomical Records*.1973;175:503-519.
135. Gardner E. The embriology of the clavicle. *Clinical Orthopedics and Related Research*. 1968;58:9-16
136. Gardner JC, Garvin G, Nelson AJ, Vascotto G, Conlogue G. Paleoradiology in mummy studies: the Sulman mummy Projetc. *Can Assoc Radiol J*.2004;55(4):228-234.

137. Garn SM, Lewis AB. Relationship between the sequence of calcification of the mandibular molar and premolar teeth. *J Dent Res.*1956; 35:555-561.
138. Garn SM, Lewis AB. Relationship between the sequence of calcification and the sequence of eruption of the mandibular molar and premolar teeth. *J Dent Res.*1957; 36:992-995.
139. Garn SM, Lewis AB, Koski K, Polascheck DL. The sex difference in tooth calcification. *J Dent Res.*1958; 37:561-567.
140. Garn SM, Lewis AB, Polackeck DL. Variability of tooth formation. *J Dent Res.*1959; 38:135-148.
141. Garn SM, Rohmann CG, Silverman EN. Radiographic standards for postnatal ossification and tooth calcification. *Medical Radiography and Photography.*1967;43:45-66.
142. Gehring KD, Haffner HT, Weber D, Graw M. Investigations on the reliability of determining an individual's age from the proximal femur. *Homo.*2002;52(3):214-220.
143. Gilsanz V, Skaggs DL, Kovanlikaya A et al. Differential effect of race on the axial appendicular skeletons of children. *J Clin Endocrinol Metab*, 1988; 83: 1420-1427
144. Gilli G. The assessment of skeletal maturation. *Horm Res*, 1996; 45 (suppl. 2):49-52. Gisbert JA. *Medicina Legal y Toxicología*. 5ª Edición. Masson.1998.
145. Gisbert MS. Determinación de la edad en menores. Aspectos médico legales. CEJ. 2003.
146. Gleiser I, Hunt EE Jr. The Permanent Mandibular First Molar: Its Calcification, Eruption and Decay. *Am J Phys Anthropol.*1955;13:253.
147. Gonzalez-Reimers E, Mas-Pascual MA, Arnay-de-la-Rosa M, Velasco-Vázquez j, Santolaria-Fernández f, Machado-Calvo M. Noninvasive Estimation of Bone Mass in Ancient Vertebrae. *Am J Phys Anthropol.*2004;125:121–131
148. Gordon I, Shapiro HA, Taljaard JJF, Engelbrecht HE. Aspects of the hyoid-larynx complex in forensic pathology. *Forensic Sci.*1976;7:161-170
149. Gregersen M, Vesterby A. Iatrogenic fractures of the thyroid bone and the thyroid cartilage: a case report. *Forensic Sci Int.* 1981;17:41-43
150. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. ment of the hand and wrist. Stanford University Press, 1950- 1959.
151. Greulich WW. Skeletal features visible on the Roentgenogram of hand and wrist which can be used for establishing individual identification. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med.* 1960b;83(4):756-764
152. Greulich WW. Value of X-ray films of hand and wrist in human identification. *Science.*1960a;131:155-156.
153. Gross BH, Gerke KF, Shirazi KK, Whitehouse WM, Bookstein FL. Estimation of patient age based on plain chest radiographs. *J Can Assoc Radiol.*1985;36(2):141-143

154. Gross GW, Boone JM, Bishop DM. Pediatric skeletal age: determination with neural networks. *Radiology*, 1995;195:686-695.
155. Gumina S, Salvatore M, De santis R, Orsina L, Postacchini F. Coracoclavicular joint: osteologic study of 1020 human clavicles. *J Anat*. 2002;201(6):513-519.
156. Gustafson G. Age determination on teeth. *J Am Dent Assoc*.1950;41:45-54.
157. Harjeet, Jit I. Shape, size and sexual dimorphism of the hyoid bone in Northwest Indians. *J Anat Soc India*.1996;45(1):4-22
158. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995 Jun;107(6):19.
159. Heffman PM, Bada JL. Aspartic acid racemization in dentine as a measure of ageing. *Nature*. 1976;262(5566):279-281.
160. Helelä T. Age dependant variations of the cortical thickness of the clavicle. *Ann Clin Res*.1969;1:140-143
161. Henríquez J, Sandoval P, Fuentes R. Anatomía radiológica del hueso hioides. *Rev Chil Anat*.2000;18(1): (<http://www.scielo.org>)
162. Hermanutz KD, Ehlenz P, Verburg B. Morphometry and determination of corticodiaphyseal indices of the clavicles in the conventional chest X-ray in healthy humans and in bone diseases. *Rofo*.1982;137(3):281-286.
163. Hernández M, Sánchez B, Sobradillo B, Rincón JM. Maduración ósea y predicción de la talla. Atlas y métodos numéricos. Eds Díaz Santos SA. 1991.
164. Hilali AS, Saleh HA, Hickey SA. Clicking hyoid. *J R Soc Med*.1997;90:689-690
165. Hodges PC. An epiphyseal chart. *American Journal of Roentgenology*.1933;30:809-810.
166. Hoffman H, Hudgins PA. Head and skull base features of nine Egyptian mummies: evaluation with high resolution CT and reformation techniques. *AJR*.2002;7:91-94
167. Hogge JP, Messmer JM, Doan QN. Radiographic identification of unknown human remains and interpreter experience level. *J Forensic Sci*.1994;39(2):373-377
168. Holden L. *Human Osteology*. 1882. 6th edition. London. Churchill
169. Hong-Po C, Chien-Hui L, Yi-Hsin Y, Hsin-Fu C, Kun-Chee C. Correlation of cervical vertebra maturation with hand-wrist maturation in children. *J Med Sci* 2001; 17:29-31
170. Hoppa R, Saunders S. Two quantitative methods for rib seriation in human skeletal remains. *J Forensic Sci*.1998;43(1):174-177.
171. Houzé M. La clavicle dans la série de Sainte-Gudule a Bruxelles. Caractères différentiels des clavicles droite et gauche dans les deux sexes. *Mém Soc Anthropol Bruxelles*.1908;27:1-10
172. Hunt EE Jr, Gleiser I. The Estimation of Age and Sex of Preadolescent Children from Bones and Teeth. *Am J Phys Anthropol*.1955;13:479-487.

173. Igbigbi PS, Nyirenda SK. Afe estimation of Malawian adults from dental radiographs. *WAJM*.2005;24(4):329-333.
174. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Metamorphosis at the esternal rib end: a new method to estimate age at death in white males. *Am J Phys Anthropol*.1984;65(2):147-156.
175. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Age estimation from the rib by phase analysis: white males. *J Forensic Sci*.1984;29(4):1094-1104.
176. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Age estimation from the rib by phase analysis: white females. *J Forensic Sci*.1985;30(3):853-863.
177. Iscan MY. Osteometric analysis of sexual dimorphism in the sternal end of the rib. *J Forensic Sci*. 1985 Oct;30(4):1090-1099.
178. Iscan MY, Loth SR. Determination of age from sternal rib in white males: a test of the phase method. *J Forensic Sci*.1986;31(1):122-132.
179. Iscan MY. Loth SR. Determination of Age from the sternal rib in white females: a test of the Phase method. *J Forensic Sci*.1986;31(3):990-999.
180. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Racial variation in the esternal extremity of the rib and its effect on age determination. *J Forensic Sci*.1987;32(2):452-466.
181. Jablonski NG, Shum BS. Identification of unknown human remains by comparison of antemortem and postmortem radiographs. *Forensic Sci Int*.1989;42(3):221-230.
182. Jahari AB, Haas J, Husaini MA, Pollitt E. Effects of an energy and micronutrient supplement on skeletal maturation in undernourished children in Indonesia. *Eur J Clin Nutr*, 2000; 54 (suppl 2): 74-79
183. Jensen S. Identification of human remains lacking skull and teeth. A case report with some methodological considerations. *Am J Forensic Med Pathol*.1991;12(2):93-97.
184. Ji L, Terazawa K, Tsukamoto T, Haga K. Estimation of age from epiphyseal union degrees of the sternal end of the clavicle. *Hokkaido Igaku Zasshi*.1994;69(1):104-111 (*Hokkaido Journal of Medical Science*).
185. Jiménez Castellanos J, Catalina Herrera CJ, Carmona A, Jiménez Castellanos R, Viñuales M. Estudio intersexual y comparativo de la maduración ósea del esqueleto de la rodilla en niños y niñas españoles. *Arch Esp Morfol*.1997;1:45-49
186. Jit I, Kulkarni M. Times of appearance and fusion of epiphyses at the medial end of the clavicle. *Indian J Med Res*.1976;64(5):773-782.
187. Jit I, Sahni D. Sexing the North Indian clavicles. *J Anatom Soc India*.1983;32(2):61-72
188. Jit I, Singh S. Estimation of stature from clavicle. *Ind J Med Res*.1956;44:137-155
189. Jit I, Singh S. The sexing of adult clavicles. *Indian Med Res*.1966;54:551-571
190. Johanson G. Age determination from teeth. *Odontologisk Revy*.1971;22:1-126.

191. Jurik AG, Jensen LC, Hansen J. Radiation dose by spiral CT and conventional tomography of the sternoclavicular joints and manubrium sterni. *Skeletal Radiol.* 1996;25:467-470.
192. Kahana T, Goldin L, Hiss J. Personal identification based on Radiographic Vertebral Features. *Am J Forensic Med pathol.*2002;23(1):36-41.
193. Kahana T, Hiss J, Smith P. Quantitative assessment of trabecular bone pattern identification. *J Forensic Sci.* 1998;43(6):1144-1147.
194. Kahana T, Hiss J. Positive identification by means of trabecular bone pattern comparison. *J Forensic Sci.* 1994;39(5):1325-1330
195. Kahana T, Ravioli JA, Urroz CL, Hiss J. Radiographic identification of fragmentary remains from a mass disaster. *Am J Forensic Med Pathol.*1997;18(1):40-44.
196. Kasprzak H, Podbileska H, von Bally G, Fechner G. Biomechanical investigation of the hyoid bone using speckle interferometry. *Int J Leg Med.*1993;106:132-134
197. Kaufman HJ, Ciraulo DL, Burns RP. Traumatic fracture of the hyoid bone: three case presentations of cardiorespiratory compromise secondary to missed diagnosis. *Am Surg.*1999;65(9):877-880
198. Kaur H, Harjeet, Sahni D, Jit I. Length and curves of the clavicle in Northwest Indians. *J Anat Soc India.*2002;51:199-209.
199. Kaur H, Jit I. Age estimation from cortical index of the human clavicle in Northwest Indians. *Am J Phys Anthropol.*1990;83(3):297-305
200. Kaur K, Sidhu SS, Kaushal S, Kaur B. Sexing the Northwest Indian adult clavicles of Patiala Zone. *J Anat Soc India.*2001;50(1):76
201. Kerley ER. The microscopic determination of age in human bone. *Am J Phys Anthropol.* 1965;23:149-163.
202. Kerley ER, Ubelaker DH. Revisions in the microscopic method of estimating age at death in human cortical bone. *Am J Phys Anthropol.* 1978;49:545-546
203. Khokhlov VD. Injuries to the hyoid bone and laryngeal cartilages: effectiveness of different methods of medico-legal investigation. *Forensic Sci Int.*1997;88:173-183.
204. Khokhlov VD. Knitted fractures of the laryngopharynx framework as a medico-legal matter. *Forensic Sci Int.*1999;104:147-162
205. Kimura K. On the skeletal maturation of japanese-american white hybrids. *Am J Phys Anthropol,* 1976; 44:83-90.
206. Kimura K. Skeletal maturation of children in Okinawa. *Ann Human Biol,* 1976; 3(2): 149-155.
207. Kimura K. Skeletal maturity of the hand and wrist in Japanese children by the TW2 method. *Ann Human Biol,* 1977; 4(4): 353-356.
208. Kimura K. Skeletal maturity of the hand and wrist in Japanese children in Sapporo by the TW2 method. *Ann Human Biol,* 1997; 4(5): 449-453.
209. King JB. Calcification of the costal cartilages. *Br J Radiol.* 1939;12:2-12.

210. King DG, Steventon DM, O'Sullivan MP et al. Reproducibility of bone ages when performed by radiology registrars: an audit of Tanner and Whitehouse II versus Greulich and Pyle methods. *British J Radiol*, 1994; 67: 848-851
211. Knight B. *Simpson's Forensic Medicine*. 10th Edition. Arnold. 1991
212. Knight B. *Forensic Pathology*. 2nd Edition. Arnold. 1996.
213. Koc A, Karaoglanoglu M, Erdogan M et al. Assessment of bone ages: is the Greulich-Pyle method sufficient for Turkish boys?. *Pediatr Int*, 2001; 43(6): 662-665.
214. Kocak A, Ozgur Aktas E, Erturk S, Aktas S, Yemiscigil A. Sex determination from the sternal end of the rib by osteometric analysis. *Leg Med (Tokyo)*. 2003 Jun;5(2):100-104.
215. Koebke J, Saternus KS. Zür morphologie des adulten menschlichen Zungenbeis. *Zeitschrift für Rechtsmedizin*.1979;84:7-18
216. Koenig W. 14 Photographien von Roentgen-Strahlen aufgenommen im Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. Leipzig: Johann Ambrosius Barth; 1896.
217. Kolveitt KM, Solheim T, Kvaal SI. Methods of measuring morphological parameters in dental radiographs. Comparison between image analysis and manual measurements. *Forensi Sci Int*. 1998;94:87-95.
218. Koot MG, Sauer NJ, Wenton TW. Radiographic human identification using bones of the hand: a validation study. *J Forensic Sci*. 2005;50(2):263-268.
219. Koski K, Haataja J, Lappalainen M. Skeletal development of hand and wrist in Finnish children. *Am J Phys Anthropol*, 1961;19:379-382.
220. Kratzenberg MA, Pfeiffer S. Nitrogene isotope for weaning age in a nineteenth century Canadian skeletal sample. In: Grauer AL, editor. *Bodies of evidence: reconstructing history through skeletal analysis*. New York: Willey-Liss. P. 221-235.
221. Kreitner KF, Schweden F, Schild HH, Riepert T, Nafe B. Computerized tomography of the epiphyseal union of the medial clavicle: an auxiliary method of age determination during adolescence and the 3rd decade of life?. *Rofo*.1997;166(6):481-486.
222. Kreitner KF, Schweden FJ, Riepert T, Nafe B, Thelen M. Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *Eur Radiol*.1998;8:1116-1122
223. Krogman WM, Iscan MY. *Human Skeleton in Forensic Medicine*. Krogman WM, Iscan MY. 2nd edition. Charles C Thomas Publisher. 1986
224. Kucukkeles N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *J Clin Pediatr Dent*.1999;24(1):47-52.
225. Kuehn CM, Taylor KM, Mann FA, Wilson AJ, Harruff RC. Validation of chest x-ray comparison for unknown decedent identification. *J Forensic Sci*. 2002;47(4):725-729.

226. Kullman L. Accuracy of two dental and one skeletal age estimation method in Swedish adolescents. *Forensic Sci Int.*1995;75:225-236
227. Kumar R, Madewell JE, Swischuk LE. The clavicle: normal and abnormal. *Radiographics.*1989;9:677-706
228. Kunos CA, Simpson SW, Russell KF, Hershkovitz I. First rib metamorphosis: its possible utility for human age-at-death estimation. *Am J Phys Anthropol.* 1999;110(3):303-323.
229. Kurihara Y, Yakushiji Y, Matsumoto J, Ishikawa T, Hirata K. The ribs: anatomic and radiologic considerations. *Radiographics.*1999;19:105-119.
230. Kvaal SI, Solheim T. A non-destructive dental method for age estimation. *J Forensic Odontostomatol.*1994;12(1):6-11
231. Kollveit KM, Solheim T, Kvaal SI. Methods of measuring morphological parameters in dental radiographs. Comparison between image and manual measurements. *Forensic Sci Int.*1998;94(1-2):87-95
232. Kvaal SI, Kollveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci int.*1995;74(3):175-185.
233. Lamparski D. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebra. MS Thesis, School of dental medicine, University of Pittsburgh, Pittsburgh PA, USA.1972.
234. Landa MI. Parámetros de maduración con la edad en Ortopantomografías digitales. Tesis doctoral. 2007 (pendiente de publicación).
235. Last RJ. *Anatomy regional and applied.* 1973. 5th edition. Edinburgh. Churchill Livingstone
236. Law FM. Roentgenograms as means of identification. *Am J Surg.*1934;26:195-198
237. Lewis OJ. The coraco-clavicular joint. *J Anat.*1959;93:296-303
238. Lewis WH. The development of the arm in man. *American Journal of Anatomy.*1901;1:145-183.
239. Lodler R, Estle DT, Morrison K et al. Applicability of the Greulich and Pyle skeletal age standards to black and white children of today. *AJDC,* 1993; 147: 1329-1333.
240. Londe A. Les rayons Roentgen et les momies. *La Nature* 1897;25(2):103-105.
241. Loth SR, Iscan MY, Scheuerman EH. Intercostal variation at the external end of the rib. *Forensic Sci Int.*1994;65(2):135-143.
242. Low WD, Chan ST, Chang SF. Skeletal maturation of southern Chinese children. *Child Developm,* 1964; 35: 1313-1336
243. Lloyd Roberts GC, Apley AG, Owen R. Reflections upon the aetiology of congenital pseudarthrosis of the clavicle. *J Bone Joint Surg (Br).*1975;57:24-29
244. Mac Laughlin SM. Epiphyseal fusion at the sternal end of the clavicle in a modern Portuguese skeletal sample. *Antropol Port.*1990;8:59-68.
245. Mali WP. Skeletal maturation in assessing underage asylum seekers. *Ned Tijdschr Geneeskd.*2004;148(46):2259-2261

246. Malina RM, Beunen G, Wellens R, Claessens A: Skeletal maturity and body size of teenage Belgian track and field athletes. *Ann Hum Biol*, 1986;13:331-340.
247. Mann RW. A method of siding and sequencing human ribs. *J Forensic Sci.*1993;38:151-155.
248. Mann RW. Use of bone trabeculae to establish positive identification. *Forensic Sci Int.* 1998;98(1-2):91-99.
249. Mann EH, Sandhouse ME, Burg J, Fisher GH. Accumulation of D-aspartic acid with age in the human brains. *Science.*1983;220(4):1407-1408.
250. Maples WR, Rice PM. Some difficulties in the Gustafson dental age estimation. *J Forensic Sci.* 1979;24:168-172.
251. Marshall WA, Ashcroft MT, Bryan G. Skeletal maturation of the hand and wrist in Jamaican children. *Human Biol*, 1970; 42: 419-435.
252. Martel W, Wicks JD, Hendrix RC. The accuracy of radiologic identification of human using skeletal landmarks: a contribution to forensic pathology. *Radiology.* 1977;124(3):681-684.
253. Martín R. Desarrollo histórico y justificación. Postgrado de Física Médica. <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/historya.html>.
254. Martínez B. Introducción a las aplicaciones forenses de la prueba del ADN. En *La prueba del ADN en medicina forense*. Dir: M^a Begoña Martínez Jarreta. Ed. Masson. 1999:129-137.
255. Masters PM, Bada JL, Zigler JS Jr. Aspartic acid racemization in the human lens during ageing and in cataract formation. *Nature.* 1977;268(7):71-73.
256. Mata P. "Cirugía y Medicina Legal", 2^a Edición, 1846; Vol. 1, p. 314-315.
257. Maxeiner H. Healed fractures of the larynx and lingual bone in forensic autopsy. *Arch Kriminol.*1999;203(5-6):175-183
258. Maxeiner H, Ehrlich E, Schyma C. Neck injuries caused by being run over by a motor vehicle. *J Forensic Sci.*2000;45(1):31-35
259. McClure JG, Raney RB. Double acromion and coracoid processes: case report of an anomaly of the scapula. *J Bone Joint Surg.*1974;56A:830-832.
260. McCormick WF. Mineralization of the Costal Cartilages as an indicator of age: Preliminary observations. *J Forensic Sci.*1980;25(4):736-741.
261. McCormick WF, Stewart JH. Ossification of costal cartilages as an indicator of sex. *Arch Pathol Lab Med.*1983;107:206-210
262. McCormick WF, Stewart JH. Age related changes in the human plastron: a Roentgenographic and morphologic study. *J Forensic Sci.*1988;33(1):100-120.
263. McCormick WF, Stewart JH, Greene H. Sexing of human clavicles using length and circumference measurements. *Am J Forensic Med Pathol.*1991;12(2):175-181
264. McKern TW, Stewart TD. Skeletal age changes in young American males analysed from the standpoint of age identification. Headquarters Quartermaster Research and Development Command, Technical Report EP-45, Natwick, M. 1957.

265. Meenes TO, Holly LE. Ossification in extremities of the newborn. *Am J Roentegenol Rad Therapy*.1932;28:389-390
266. Meißner C, von Wurmb N, Oehmichen M. Detection of the age-dependant 4977 bp deletion of mitochondrial DNA. A pilot study. *Int J Leg Med*. 1997;110:288-291.
267. Meintl A, Tangl S, Pernicka E, Fenes C, Watzek G. On the applicability of secondary dentin formation to radiological age estimation in young adults. *J Forensic Sci*.2007;52(2):438-441.
268. Meintl A, Tangl S, Huber C, Maurer B, Watzek G. The chronology of the third molar mineralization in the Austrian populaton – a contribution to forensic age estimation. *Forensic Sci Int*; 2006: DOI:10.1016/j.forsciint.2006.08.014
269. Melsen B, Wenzel A, Miletic T et al. Dental and skeletal maturity in adoptive children: assessment at arrival and after one year in the admitting country. *Ann Human Biol*, 1986; 13(2): 153-159
270. Mentzel HJ, Vilser C, Eulestein M, Schwartz T, Böttcher J, Yaniv I, Tsoref L, Kauf E, Kaiser WA. Assessment of skeletal age at the wrist in children with a new ultrasound device. *Pediatr Radiol*.2005;35(4):429-433
271. Michelson N. The calcification of the first costal cartilage among whites and negroes. *Hum Biol*.1934;6:543-557.
272. Milenkovic P, Djonic D, Djukic K. Skeletal age estimation based on medial clavicle. XVIII International Symposium on Morphological Sciences . Belgrade June 5-8, 2005
273. Miller KWP, Walker PL, O'Halloran RL. Age and sex related variation in hyoid bone morphology. *J Forensic Sci*. 1998;43(6):1138-1143
274. Mincer HH, Harris EF, Berryman HE. The ABFO study of third molar development and its use as an indicator of chronological age. *J Forensic Sci*. 1993;38(2):379-390
275. Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*.2002;122:380-385.
276. Mizoguchi I, Nakamura N, Takahashi I, Kagayama M, Mitani H. An immunohistochemical study of localization of type I and type II collagens mandibular condylar cartilage compared with tibial growth plate. *Histochemistry*, 1990;93:593-599
277. Mol A. Instrumentos de procesamiento de imagen digital para aplicaciones dentales. *Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Aplicaciones de las distintas modalidades de radiología digital en odontología*. 2000;2:323-344
278. Montenegro MA, Rojas M, Dominguez S. Osteogénesis comparativa de los cartílagos secundarios de la clavícula y placas epifisarias de los huesos largos. *Int J Morphol*.2004;22(3):201-206
279. Moorrees CF, Fanning EA, Hunt EE Jr. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res*. 1963;42:1490-1502.

280. Morrisey MSC, Alun Jones T. A case of jaw locking. *J Laringol Otol.*1997;1989;103:419
281. Morse DR. Age related changes of the dental pulp complex and their relationship to systemic aging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991 Dec;72(6):721-745.
282. Morse DR, Esposito JV, Schoor RS. A radiographic study of aging changes of the dental pulp and dentin in normal teeth. *Quintessence Int.* 1993 May;24(5):329-333.
283. Morse DR, Esposito JV, Kessler HP, Gorin R. Age estimation using dental periapical radiographic parameters. A review and comparative study of clinically based and regression models with the Operation Desert Storm victims. *Am J Forensic Med Pathol.* 1994 Dec;15(4):303-318.
284. Moscoso M, Tenorio Gonzales J, Patiño CA. Importanza dello studio della colonna cervicale sulla teleradiografia latero-laterale per la determinazione dell'età scheletrica. *Odontoiatria Oggi* 1987; 4:211-221.
285. Mourelle Martínez MR. Correlación entre la maduración dentaria e indicadores de crecimiento esquelético en pacientes odontopediátricos. Memoria para optar al grado de Doctor. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid. 2004.
286. Muhler M, Schulz R, Schmidt S, Schmeling A, Reisinger W. The influence of slice thickness on assessment of clavicle ossification in forensic age diagnostics. *Int J Leg Med.*2006;120(1):15-17
287. Muramata M. Population specific reference values for bone age. *Acta Pediatr,* 1997; 423(suppl):113-114.
288. Nalla S, Asvat R. The anatomy and physiology of the shoemaker. *J Anat.*1995;186:645-649
289. Narayan D, Bajaj ID. Ages of epiphyseal union in long bones of the inferior extremity in UP subjects. *Indian J Med Res.*1957;45:645-649.
290. Nässtrom K, Forsberg B, Petersson A, Wstesson PL. Narrowing of the dental pulp chamber in patients with renal disease. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*1985;59:242-246.
291. Navani S, Shah JR, Levy PS. Determination of sex by costal cartilage calcification. *Am J Roentgenol Radiother.*1970;108:771-774.
292. Nolla CM. The development of the permanent teeth. *J Dent Child.*1960;27:254-266.
293. Nye PJ, Tittle TL, Jarman RN, Eaton BG. The role of radiology in the Oklahoma city bombing. *Radiology.*1996;200(2):541-543
294. O'Halloran RL, Lundt JK. Age and ossification of the hyoid bone: forensic implications. *J Forensic Sci.* 1987;32(6):1655-1659
295. O'Rahilly R, Gardner E. The initial appearance of ossification in staged human embryos. *American Journal of Anatomy.*1972;134:291-301

296. O'Rahilly R, Gardner E. The timing and sequence events in the development of the limbs in the human embryo. *Anatomy and Embriology*.1975;148:1-23.
297. O'Reilly M, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae—a longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod*. 1988;58:179–184.
298. Odgen JA, Conlogue GJ, Bronson ML. Radiology of postnatal skeletal development III: the clavicle. *Skeletal Radilogy*.1979;4:196-203.
299. Oestreich AE. Tanner-Whitehouse versus Greulich-Pyle in bone age determinations. *J Pediatr*, 1997; 131(1): 5-6.
300. Oettle AC, Steyn M. Age estimation from sternal ends of ribs by phase analysis in South African blacks. *J Forensic Sci*.2000;45(5):1071-1079
301. Ogata S, Uhtoff HK. The early development and ossification of the human clavicle. An embryologic study. *Acta Orthop Scand* 1990;61(4):330-334
302. Ogden JA, Phillips SB. Radiology of postnatal skeletal development. VII. The scapula. *Skeletal Radiology*.1983;9:157-169.
303. Ogino T, Ogino H, Nagy B. Application of aspartic acid racemization to Forensic Odontology: postmortem designation of age at death. *Forensic Sci Int*.1985;29:259-267.
304. Olivier G. Anthropologie de la clavicule. III La clavicule du Francis. *Bulletins et Memories de la Societe D'Anthropologie*, 1951, Paris 2,10 e, Serie, 121-157
305. Omnell KAH, Gandhi C, Omnell L. Ossification of the human stylohyoid ligament. A longitudinal study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Oral Endodon*.1998;85:226-232
306. Ontell FK, Ivanovic M, Ablin DS, Barlow TW. Bone age in children of diverse ethnicity. *AJR*, 1996; 167: 1395-1398.
307. Ohtani S. Studies on age estimation using racemization of aspartic acid in cementum. *J Forensic Sci*.1995;40(5):805-807.
308. Ohtani S, Ohhira H, Watanabe A, Ogasawara A, Sugimoto H. Estimation of age from teeth by amino acid racemization. Influence of fixative. *J Forensic Sci*.1997;42(1):137-139.
309. Ohtani S, Yamada Y, Yamamoto T, Arany S, Gonmori K, Yoshioka N. Comparison of age estimated from degree of racemization of aspartic acid, glutamic acid and alanine in the femur. *J Forensic Sci*. 2004;49(3): DOI: JFS2003414.
310. Olu Ibekwe A. Fracture of the hyoid bone with lacerations of the pharynx. *West Afr J Med*.1991;10(2):198-200
311. Olze a, Mahlowa A, Schmidt S, Wernecke KD, Geserick G, Schmeling A. Combined determination of selected radiological and morphological variables relevant for dental age estimation of young adults. *Homo*.2005;56:133–140
312. Olze A, Schmeling A, Taniguchi M, Maeda H, Van Niekerk P, Wernecke KD, Geserick G. Forensic age estimation in living subjects: the ethnic factor in wisdom teeth mineralization. *Int J Leg Med*. 2004;118(3): 170-173

313. Olze A, Tanaguchi M, Schmeling A, Zhu BL, Yamada Y, Maeda H, Geserick G. Comparative study on the Chronology of third molar mineralization in a Japanese and German population. *Leg Med.* 2003;5:256-260
314. Orhan K, Ozer L, Orhan AI, Dogan S, Paksoy CS. Radiographic evaluation of the third molar development in relation to chronological age among Turkish children and youth. *Forensic Sci Int.* 2007;165:46-51.
315. Owers SK, Pastor RF. Analysis of quantitative methods for rib seriation using the Spitalfields documented skeletal collection. *Am J Phys Anthropol.* 2005 Jun;127(2):210-218.
316. Owings Webb PA, Suchey JM. Epiphyseal union of the anterior iliac crest and medial clavicle in a modern multiracial sample of American males and females. *Am J Phys Anthropol.* 1985;68:457-466
317. Owsley DW, Mann RW. Positive personal identity of skeletonized remains using abdominal and pelvic radiographs. *J Forensic Sci.* 1992;37(1):332-336
318. Ozonoff MB. *Pediatric Orthopedic Radiology.* 1979. Philadelphia PA. WB Saunders.
319. Paewinsky E, Pfeiffer H, Brickmann B. Quantification of secondary dentin formation from orthopantomograms. A contribution to forensic age estimation methods in adults. *Int J Leg Med.* 2005;119(1):27-30
320. Papadopoulos N, Lykaki G, Naslopou A, Alvanidou EL. The shape and size of the human hyoid bone and proposal for an alternative classification. *J Anat.* 1989;166:249-260
321. Paredes C, Hagn JC, Constantinescu F. Estimación de edad en la población chilena actual. *Excerpta.* 1997;9.
322. Parsons FG. On proportions and characteristics of the modern English clavicle. *J Anat Lond.* 1916;51:71-93.
323. Patel J, Shah GV. Sexing of the human known adult clavicle in Gujarat zone. *J Anat Soc India.* 2004;53(1):54
324. Paterson RS. Radiographic investigation of the epiphyses of the long bones. *J Anat.* 1929;64:28-46.
325. Pear BL. 1896: the first year of x-rays in Colorado. *Am J Roentgenol.* 1995;165:1075-1078
326. Phillipas GG. Influence of occlusal wear and age on formation of dentin and size of pulp chamber. *J Dent Res.* 1961;40:1186-1198.
327. Polanco I, Hernández J, Scherer JI, Prieto G, Molina M, Sarría J. Curva de normalidad en población española de 4 a 22 años para densitómetro óseo por ultrasonidos DBM Sonic 1200. *Pediatrka.* 2000;20(2):55-64
328. Pollanen MS, Chiasson DA. Fracture of the hyoid bone in strangulation: comparison of fractured and unfractured hyoids from victims of strangulation. *J Forensic Sci.* 1996;41(1):110-113.

329. Pollanen MS, Ubelaker DH. Forensic significance of the polymorphism of the hyoid bone shape. *J Forensic Sci.*1997;42(5):890-892
330. Prakash S, Cameron N. Skeletal maturity in well-off children in Chandigarh, North India. *Ann Human Biol*, 1981; 8(2): 175-180
331. Prakash S, Pathmanathan G. Tempo unconditional 1-year bone score velocities in well-off North West indian children. *Ann Human Biol*, 1991; 18(4): 303-310.
332. Prapanpoch S, Dove SB, Cottone JA. Morphometric analysis of the dental pulp chamber as a method of age determination in humans. *Am J Forensic Med Pathol.* 1992;13(1):50-55.
333. Prieto JL, Barberia E, Ortega R, Magana C. Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *Int J Legal Med.* 2005;119 (6):349-354.
334. Pryor JW. Chronology and order of ossification of the bones of the human carpus: x-ray method. *Bull State Coll Kentucky.*1908; 1(1).
335. Pryor JW. Differences in the time of development of centers of ossification in the male and female skeleton. *Anat Rec.*1923;25:252-273.
336. Pryor JW. Roentgenographic investigation of the time element in ossification. *Am J Am J Roentgenol Rad Therapy.*1933;29:798-804
337. Pryor JW. Some observations on the ossification of the bones of the hand. *Bull Univ Kentucky.*1916;8(11).
338. Pryor JW. Time of ossification of the bones of the hand of the male and female and union of epiphyses with diaphyses. *Am J Phys Anthropol.*1925;8:401-410.
339. Pueyo J, Ripalda P, Forriol F. Cambios morfológicos del fémur con el sexo y la edad. Estudio con TAC. *Rev ortop Traumatol.*2003;47:354-361
340. Pyle SI, Hoerr NL. Radiographic atlas of skeletal development of the knee. Springfield. Charles C Thomas.1955
341. Pyle SI, Hoerr NL. A radiographic standard of reference for the growing knee. Springfield. Charles C Thomas.1969
342. Rao NG, Pai LM. Costal cartilage calcification pattern. A clue for establishing sex identity. *Forensic Sci Int.*1988;38:193-202.
343. Raven KP, Reay DT, Harruff RC. Artifactual injuries of the Larynx produced by resucitative intubation. *Am J Forensic Med Pathol.*1999;20(1):31-36.
344. Reed MH. Ossification of the hyoid bone during childhood. *Can Assoc Radiol J.*1993;44:273-276
345. Reig Blanch R. Contribución a la identificación médico legal: cambios en el extremo esternal de la costilla como método complementario de determinación de la edad en el esqueleto. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 1989.
346. Richards MP, Mays S, Fuller BT. Steable carbon and nitrogen isotope values of bone and teeth reflect weaning age at the medieval Wharram Percy site, Yorkshire, UK. *Am J Phys Anthropol.*2002;119:205-210.

347. Richardson ML, Frank MS, Stern EJ. Digital image manipulation: what constitutes acceptable alteration of a radiologic image? *AJR*.1995;164:228-229
348. Richel S. Der Stellenwert verschiedener röntgenologischer Kriterien in der Panoramaschichtaufnahme sowie der medialen Claviculaepiphyse im Rahmen von Altersbestimmungen. Dissertation. Universität Hamburg. 2005.
349. Rikhasor RM, Quershi AM, Rathil SL, Channa NA. Skeletal maturity in Pakistani children. *J Anat*, 1999; 195(2): 305-308.
350. Risser JC. The iliac epiphysis: an invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin Orthop*.1958;11:111-118
351. Ritz-Timme S, Cattaneo C, Collins MJ, Waite ER, Chutz HW, Kaatsch HJ, Borrman HIM. Age estimation: the state of the art in relation with to the specific demands of forensic practise. *Int J Leg Med*. 2000; 113:129-136
352. Ritz-Timme S, Turzynski A, Schütz HW. Estimation of age at death based on aspartic acid racemization in non-collagenous bone proteins. *Forensic Sci Int*.1994;69:149-159.
353. Ritz-Timme S, Schütz HW, Pepper C. Postmortem estimation of age at death based on aspartic acid racemization in dentin: its applicability for root dentin. *Int J Leg Med*.1993;105:289-293.
354. Roche AF, Wainer H, Thissen D. Skeletal maturity. The knee as a biological indicator. Plenum Press NY.1975.
355. Rogers NL, Flournoy LE, Mc Cormick WF. The rhomboid fossa of the clavicle as a sex and age estimator. *J Forensic Sci*. 2000;45(1):61-67
356. Rouge D, Telmon N, Arrue P, Larrouy G, Arbus L. Radiographic identification of human remains through deformities and anomalies of postcranial bones: a report of two cases. *J Forensic Sci*. 1993;38(4):997-1007.
357. Russel KF, Simpson SW, Genovese J, Kinkel MD, Meindl RS, Lovejoy CO. Independent test of the fourth rib aging technique. *Am J Phys Anthropol*.1993;92:53-62.
358. Sahni D, Jit I, Sanjeev N. Time of fusion of epiphyses at the elbow and wrist joints in girls of Northwest India. *Forensic Sci Int*. 1995;74:47-55.
359. Sajdok J, Pilin A, Pudil F, Zídková J, Kás J. A new method of age estimation based on the changes in human non-collagenous proteins from dentin. *Forensic Sci Int*.2006;156:245-249.
360. San Roman P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod*. 2002;24(3):303-311.
361. Sánchez de León MS. Hallazgos microscópicos en la autopsia del cuello: casuística del Instituto de Toxicología en casos de ahorcadura, estrangulación y otras lesiones cervicales. *Cuad Med For*.2001;23:31-47.
362. Sanders CP. Sexing by costal cartilage calcification. *Br J Radiol*.1966;39:233.

363. Sanders I, Woesner ME, Ferguson RA, Noguchi TT. A new application of forensic radiology: identification of deceased from a singular clavicle. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med.* 1972;115:619-622.
364. Sarria A, Moreno L, Bueno M. Análisis del atlas de Greulich y Pyle mediante los métodos de TW2 y TW2-A. *An Esp Pediatr*, 1986; 24(2): 105-110.
365. Sato K. A study of growth timing of mandibular length, body height, hand bones and cervical vertebrae during puberty. *Nippon Kyosei Shika Gakkai Zasshi.* 1987;46:517-533.
366. Sauer NJ, Brantley RE, Barondess DA. The effects of aging on the comparability of antemortem and postmortem radiographs. *J Forensic Sci.* 1988;33(5):1223-1230.
367. Sauer NJ, Brantley RE. The effects of aging on antemortem-postmortem comparisons of peripherel skeleton for positive identification. *Can Soc Forensic Sci J.* 1989;22(1):61-68
368. Scole PV, Salvagno R, Villalba K, Riew D. Relationship of iliac crest maturation to skeletal and chronological age. *J Pediatr Orthop.*1988;8:639-644.
369. Scott CC. X-ray pictures as evidence. *Mich Law Rev.*1946;44:773-779.
370. Schaefer MC, Black SM. Comparison of ages of epiphyseal union in North American and Bosnian skeletal material. *J Forensic Sci.*2005;50(4): DOI: 10.1520/JFS2004497.
371. Schaefer MC, Black SM. Epiphyseal union sequencing: aiding in the recognition and sorting of commingled remains. *J Forensic Sci.* 2007;52(2):277-285.
372. Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology.* Academic Press 2000
373. Schmeling A, Olze A, Reisinger W et al. Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *The Lancet*, 2001; 358(9276): 89-90.
374. Schmeling A, Reisinger W, Loreck D et al. Effects of ethnicity on skeletal maturation: consequences for forensic age estimation. *Int J Legal Med*, 2000; 113(5): 253-258.
375. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G. Skeletal maturation and ethnicity (authors' reply). *Leg Med.*2005;7:134-137
376. Schmeling A, Schultz R, Reisinger W, Mühlner M, Wernecke KD, Geserick G. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *Int J Leg Med.*2004;118(1):5-8
377. Schmitt W, Lehmann TM. *Radiología digital.* Quintessence (Ed. Esp.).2004;17(3):185-195
378. Schour I, Massler M. *Studies in tooth development. The growth pattern of human teeth.* *J Am Dent Assoc.*1940;27:1979-1931.
379. Schour I, Massler M. *Development of the Human Dentition*, 2nd ed., distributed by the American Dental Association, Chicago, 1944.
380. Schubert F. Duplication of the clavicle or ossification in coracoclavicular ligament. *Australas Radiol.* 1997;41(1):70-72.

381. Schulz R, Muhler M, Mutze S, Schmidt S, Reisinger W, Schmeling A. Studies on time frame for ossification of the medial epiphyses of the clavicle as revealed by CT scans. *Int J Leg Med.*2005;119(3):142-145
382. Schulze D, Rother U, Fuhrmann A, Richel S, Faulmann G, Heiland M. Correlation of age and ossification of the medial clavicular epiphysis using computed tomography. *Forensic Sci Int.*2005; Epub ahead of print.
383. Schulze R, Krummenauer F, Schalldach F, d'Hoedt B. Precision and accuracy of measurements in digital panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol.*2000;29:52-56
384. Schüller A. Das Röntgenogram der Stirnhöhle: ein Hilfsmittel für die Identitätsbestimmung von Schadeln. *Monatschrift Ohrenheilkunde.*1921;5:1617-1620.
385. Schwedewie H, Braselman A, Willich E, Lachman R. The determination of bone age in the elbow as compared to the hand. A study in 390 children. *Rev Interam Radiol.* 1979;4(1):11-17.
386. Semine AA, Damon A. Costochondral ossification and aging in five populations. *Hum Biol.*1975;47:101-116.
387. Shaw L, Jones AD. Morphological considerations of the dentalpulp chamber from radiographs from molar and premolar teeth. *J Dent.* 1984;12(2):139-145.
388. Sherwood RJ, Meindl RS, Robinson HB, May RL. Fetal age: methods of estimation and effects of pathology. *Am J Phys Anthropol.*2000;113:305-315
389. Shimaguchi. 1974, citado en Gray's Tratado de Anatomía.
390. Sidhom G, Derry DE. Dates of union of some epiphyses in Egyptians from xray photographs. *J Anat.*1931;65:196-211.
391. Singh D, Jit I. Identification of sex from the volume of the clavicle. *J Anat Soc India.*1996;45(2):119-124
392. Singh S, Gangrade KC. Sexing of adult clavicles. Demarking points for Varanasi Zone. *J Anatom Soc India.*1968;17:89-100
393. Singh S, Jit I, Singh SP, Gangrade KC. Identification of sex form skeletal remains. *Bulletin Institute of Medical Sciences (Banaras Hindu University).*1972;3:65-75.
394. Singleton AC. The roentgenological identification of victims of the Noronic disaster. *Am J Roentgenol Radiat Ther.*1951;66(3):375-384.
395. Skinner HA. The origin of medical terms. 2nd Edition. Baltimore, MD: Williams and Wilkins. 1961
396. Schmitt A, Murail P. Is the first rib a reliable indicator of age at death assessment? Test of the method developed by Kunos et al (1999). *Homo.* 2004;54(3):207-214.
397. Solari A, Abramovitch K. The accuracy and precision of third molar development as an indicator of chronological age in Hispanics. *J Forensic Sci.* 2002;47(3):531-535

398. Solheim T. A new method for dental age estimation in adults. *Forensic Sci Int.* 1993;59(2):137-147.
399. Solomon L. Bone density in aging caucasian and african populations. *The Lancet.* 1979;Dec 22/29:1326-1329.
400. Sophier IM. The dentist, the forensic pathologist and the identification of human remains. *J Am Dent Assoc.* 1972;85:1324-1329
401. Souguir MK, Ben Dhiab M, Masmoudi T, Zemni M. La détermination de l'âge chez le jeune tunisien. À propos de 200 cas. *Journal de Médecine Légale Droit Médical*, 2002; 45(2-3):89-91.
402. Spalding KL, Buchholz BA, Bergman LE, Druid H, Frisen J. Age written in teeth by nuclear tests. *Nature.* 2005;437:333-334.
403. Spiegel P. The First clinical x-Ray made in America: 100 years. *AJR.* 1995;164:241-243
404. Stevenson PH. Age order of epiphyseal union in man. *Am J Phys Anthropol.* 1924;7:53-93
405. Stewart JH, Mc Cormick WF. A sex and age limited ossification pattern in human costal cartilages. *Am J Clin Pathol.* 1984;81:765-769
406. Stewart JH, Mc Cormick WF, Langford LA. Sex determination from chest plate Roentgenograms. *Am J Phys Anthropol.* 1985;68(2):173-195.
407. Stout SD, Paine RR. Brief communication: histological age estimation using rib and clavicle. *Am J Phys Anthropol.* 1992 Jan;87(1):111-115
408. Stout SD, Dietze WH, Iscan MY, Loth SR. Estimation of age at death using cortical histomorphometry of the sternal end of the fourth rib. *J Forensic Sci.* 1994;39(3):778-84
409. Streeter GL. Developmental horizons in human embryos,. Description of the age group XI 13 to 20 somites and age group XII 21 to 29 somites. *Contributions to Embryology.* 1942;30:211-245
410. Suanes A, Cañete R. Sistema automatizado de evaluación de la maduración ósea aplicado al método de Tanner-Whitehouse 2. *Ann Esp Pediatr*, 1999;50: 134-139
411. Szeremeta W, Morovati SS. Isolated hyoid bone fracture: a case report and review of the literature. *J Trauma.* 1991;31(2):268-271
412. Szilvassy J. Estimation of age by the sternal articular surfaces of the clavicle. *Beitr Gerichtl Med.* 1977;35:343-345
413. Takai S, Akiyoshi T, Fuchigami A. Skeletal maturity of Japanese children in Amami-Oshima island. *Ann Human Biol*, 1984; 11(6):571-575.
414. Tanner J, Oshman D, Bahhage F, Healy M. Tanner-Whitehouse bone age reference values for North American children. *J Pediatr*, 1997; 131: 34-40

415. Tanner JM, Oshman D, Lindgren G et al. Reliability and validity of computer assisted estimates of Tanner-Whitehouse skeletal maturity (CASAS): comparison with the manual method. *Horm Res*, 1994; 42: 288-294
416. Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy M, Goldstein H. *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2)*. London Academy Press, 1983 (2nd edition)
417. Taranger J, Karlberg J, Bruning B, Engstrom I. Standard deviation score charts of skeletal maturity and velocity in Swedish children assessed by the TW2 method (TW2-20). *Ann Human Biol*, 1987;14:357-365.
418. Telmon N, Gaston A, Chemla P, Blanc A, Joffre F, Rougé D. Application of the Suchey-Brooks method to three dimensional imaging of the pubic symphysis. *J Forensic Sci*. 2005;50(3):507-512.
419. Terry RJ. The clavicle of the American Negro. *Am J Phys Anthropol*.1932;16:351-380
420. Theintz GE, Howald H, Weiss U et al. Evidence of reduction of growth potential in adolescent female gymnasts. *J Pediatr*, 1993; 122: 306-313.
421. Thompson DD, Gunness-Hey M. Bone mineral osteon analysis of Yupik-Inupia skeletons. *Am J Phys Anthropol*. 1981;55:1-7.
422. Todd TW, D'Errico J Jr. The clavicular epiphyses. *Am J Anat*. 1928;4:25-50.
423. Todd TW. A preliminary communication on the development and growth of bones. *J Anat Physiol*.1913;47:177-188
424. Todd TW. *Atlas of skeletal maturation (Hand)*. CV Mosby Co. St. Louis, 1937.
425. Tompsett, Donaldson, 1951. Tompsett AC, Donaldson SW. The anterior tubercle of the first cervical vertebra and the hyoid bone: their occurrence in newborn infants. *AJR*.1951;65:582-584
426. Tsang AW, Sweet D, Wood RE. Potential for fraudulent use of digital radiography. *JADA*.1999;130:1325-1329
427. Ubelaker DH. Estimating age at death from immature human skeletons: an overview. *J Forensic Sci*.1987;32(5):1254-1263
428. Ubelaker D. Hyoid fracture and strangulation. *J Forensic Sci*.1992;37(5):1216-1222
429. Ubelaker DH, Buchholz BA, Stewart JEB. Analysis of artificial radiocarbon in different skeletal and dental tissue types to evaluate date of death. *J Forensic Sci*.2006;51(3):484-488.
430. Uthoff HK. *The embryology of the human locomotor system*. Berlin: Springer. 1990
431. Urist MR, Zaccalini PS, Mac Donald NS, Skoog WA. New approaches to the problem of osteoporosis. *J Bone Joint Surg*. 1962;44B:464-484.

432. Valenzuela A. Radiographic comparison of the lumbar spine for positive identification of human remains. A case report. *Am J Forensic Med Pathol.*1997;18(2):215-217
433. Vallejo-Bolaños E, España-López AJ, Muñoz-Hoyos A, Fernández-García JM. The relationship between bone age, chronological age and dental age in children with isolated growth hormone deficiency. In *J Pediatr Dent*, 1999; 9(3): 201-206.
434. Van der Stelt PF. Principios de la imagen digital. *Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Aplicaciones de las distintas modalidades de radiología digital en odontología.* 2000;2:255-267
435. Van der Stelt PF. Filmless imaging. The uses of digital radiography in dental practice. *JADA.*2005;136:1379-1387.
436. Van Ree CJ, Schulpen TW. Ethical shortcomings of skeletal age determination to establish minority for single young asylum seekers. *Ned Tijdschr Geneeskd.* 2001;145(5):229-233
437. Van Rijn RR, Lequin MH, Robbens SG et al. Is the Greulich and Pyle atlas still valid for Dutch Caucasian children today?. *Pediatr Radiol*, 2001; 31(10): 748-752.
438. Van Rijn RR, Robben SG. Radiography of the medial ends of the clavicle by the method of the Dutch immigration and Naturalisation Service is unsuitable for determining adulthood (author's reply). *Ned Tijdschr Geneeskd.*2005;149(6):323-324
439. Van Rijn RR, Robben SG. Radiography of the medial ends of the clavicle by the method of the Dutch immigration and Naturalisation Service is unsuitable for determining adulthood. *Ned Tijdschr Geneeskd.*2004;148(46):2274-2279
440. Vastine JH, Vastine MF, Arango O. Genetic influence on osseous development with particular reference to the deposition of calcium in the costal cartilage. *Am J Roentgenol.*1948;59:213-221.
441. Veschi S, Facchini F. Recherches sur la collection d'enfants et d'adolescents d'âge et de sexe connus de Bologne (Italie): diagnose de l'âge sur la base du degré de maturation osseuse. *Bull Mem Soc Anthropol Paris.*2002;14(3-4): <http://bmsap.revues.org/document370.html>.
442. Vignolo M, Milani S, Di Battista E et al. Modified Greulich-Pye, Tanner-Whitehouse and Roche-Wainer-Thissen (knee) methods for skeletal age assessment in a group of Italian children and adolescents. *Eur J Pediatr*, 1990; 149: 314-317.
443. Vilar MT, Casas F, Serra L. Vértebras cervicales, radiología de la mano y ortopantomografía. Correlación entre desarrollo óseo, vertebral y tercer molar. *Ortod Esp* 1994; 35:226-240.
444. Visser H, Krüger W. Can dentists recognize manipulated digital radiographs?. *Dentomaxillofac Radiol.*1997;26:67-69.

445. Wagner UA, Diedrich V, Schmitt O. Determination of skeletal maturity by ultrasound: a preliminary report. *Skeletal Radiol.* 1995;24:417-420
446. Walker RA, Lovejoy CO. Radiographic changes in the clavicle and proximal femur and their use in the determination of skeletal age at death. *Am J Phys Anthropol.* 1985;68(1):67-78.
447. Warren MW, Smith KR, Stubblefield PR, Martin SS, Walsh-Haney HA. Use of radiographic atlases in a mass fatality. *J Forensic Sci.* 2000;45(2):467-470.
448. Wenzel A, Droschl H, Melsen B. Skeletal maturity in Austrian children assessed by the GP and TW2 methods. *Ann Human Biol,* 1984; 11: 173-177.
449. Wenzel A, Melsen B. Skeletal maturity in 6-16 year-old Danish children assessed by the TW2 method. *Ann Human Biol,* 1982;9:277-281.
450. Whitaker JM, Rousseau L, Williams T, Rown RA, Hartwig WC. Scoring system for estimating age in the Foot skeleton. *Am J Phys Anthropol.* 2002;118:385-392
451. Williams & Warwick. *Gray's Anatomy.* Eds. 33 y 35, 1969-1973.
452. Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Duseck JE, Ferguson MWJ. *Gray's anatomy,* 38 th Edition. Edinburgh: Cghurchill Livingstone.1995
453. Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Duseck JE, Ferguson MWJ. *Tratado de Anatomía de Gray.* Versión online. <http://www.bartleby.com/107>
454. Wiredu EK, Kumoji R, Seshadri R, Biritwum RB. Osteometric analysis of sexual dimorphism in the sternal end of the rib in a West African population. *J Forensic Sci.* 1999;44(5):921-925.
455. Wood RE, Kirk NJ, Sweet DJ. Digital dental radiographic identification in the pediatric, mixed and permanent dentitions. *J Forensic Sci.* 1999;44(5):901-916
456. Woods MA, Robincon QC, Harris EF. Age progressive changes in pulp widths and root lengths during adulthood: a study of American blacks and whites *Gerodontology.* 1990;9(2):41-50
457. Wurgaft R, Montenegro MA. *Desarrollo y estructura de la articulación témporomandibular.* Santiago, Servimpres, 2003
458. Xi H, Roche AF. Differences between the hand wrist and the knee in the assigned skeletal ages. *Am J phys Anthropol.* 1990;83:95-102
459. Yadav DR, Agarwal BBL. Role of volumen in sexing the clavicle. *J Indian Acad Forensic Medicine.* 1983;22:25-27
460. Yarkoni S, Schmidt W, Jeanty P, Reece EA, Hobbins JC. Clavicular measurements: a new biometric parameter for fetal evaluation. *J Ultrasond Med.* 1985;4:467-470
461. Yavuz MF, Iscan MY, Cologlu AS. Age assessment by rib phase analysis in Turks. *Forensic Sci int.* 1998;98:47-54.
462. Yi-Yan Y, Chuang Xing W, Li-Zhi C. Skeletal maturity of the hand and wrist in Chinese children in Changsha assessed by the TW2 method. *Ann Human Biol,* 1992; 19(4): 427-430

463. Yoder C, Ubelaker DH, Powell JF. Examination of variation in sternal rib end morphology relevant to age assessment. *J Forensic Sci.*2001;46(2):223-227.
464. Yoldi A. Parámetros de sexo y edad en el coxal y la articulación esterno-costal en una población mediterránea de sexo y edad conocidos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 1998.
465. Yoshino M, Miyasaka S, Sato H, Seta S. Classification system of frontal sinus patterns by radiology. Its application to identification of unknown remains. *Forensic Sci Int.*1987;34:289-299.
466. Zhang Y, Wang B. Observations of cervical vertebrae and estimation of their bone age. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.*1997;32(3):152-154