



**Departamento de Fisiología Humana, Histología,  
Anatomía Patológica y Educación Física y Deportiva  
Facultad de Medicina**

## **TESIS DOCTORAL**

### **“RELACIONES DE LA GRASA VISCERAL Y DE TRONCO CON EL SINDROME METABÓLICO”**

Autora

**Rosalía Asunción Fernández Vázquez**

Director

**Prof. Dr. José Ramón Alvero Cruz**

Departamento de Fisiología Humana, Histología,  
Anatomía Patológica y Educación Física y Deportiva.  
Facultad de Medicina

Málaga, 2016



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

AUTOR: Rosalía Asunción Fernández Vázquez

 <http://orcid.org/0000-0003-1770-5712>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): [riuma.uma.es](http://riuma.uma.es)



## *Dedicatoria*

A *José Ramón Alvero Cruz*, amigo leal y autor incansable de artículos, su apoyo ha sido incondicional y sin duda alguna, el mejor profesor, a quien la vida incierta pero determinante, ha cruzado en mi camino.

A mis padres *Ramón y Rosina*, porque siempre están ahí y son el mayor ejemplo de perseverancia y amor, haciendo que esta proposición razonada sea hoy un hecho.

A mi hijo *Joe*, principal motivación del esfuerzo diario y la incansable lucha.

A todos aquellos que mantienen la duda metódica aún en tiempos difíciles porque creen que la investigación es el camino a seguir.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## *Agradecimientos*

Mi mayor agradecimiento al Prof. José Ramón Alvero Cruz, por su ofrecimiento para trabajar en esta línea de investigación; su dirección, sus consejos y enseñanzas han sido fundamentales, sin ello nada de esto hubiera sido posible.

A los lugares donde hemos podido entrar a realizar mediciones antropométricas y de grasa visceral. No en todos los sitios, nos han abierto las puertas.

Al Dr. Ángel Millán Romero por su ayuda y participación en el estudio de Ciudad Real.

Muy especialmente al Dr. Javier Martínez Blanco de la Unidad de Residencias (UR) del Distrito Sanitario Costa del Sol. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía-Málaga. Por su ilusión, participación e implicación en este viaje.

A los Dr@s María del Mar García Vega\*, Juan Antonio García Lavigne\*\* y María Victoria Rodríguez Linares de la UR

A las Residencias y a su Personal auxiliar..... gracias a todos, por vuestra inestimable colaboración:

Sarquavita Isdabe. Estepona. Málaga \*  
Residencia Senior de Marbella\*\*  
Residencia Senior de Benalmádena  
Residencia Virgen del Carmen de Estepona  
Residencia Azalea  
Residencia Marillac  
Residencia Manantial de Vida

Al Departamento de Fisiología Humana, Histología, Anatomía Patológica y Educación Física y Deportiva, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Málaga, por su ayuda y apoyo.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

INDICE .....	7
GLOSARIO .....	11
RESUMEN/ABSTRACT.....	15
JUSTIFICACIÓN .....	19
INTRODUCCIÓN.....	23
Tejido adiposo: en la encrucijada de la aterosclerosis, la inflamación y el síndrome metabólico .....	25
Alteraciones metabólicas y enfermedades relacionadas a la grasa visceral .....	33
Tejido adiposo, grasa corporal total y salud.....	42
Importancia clínica y métodos diagnósticos de la grasa visceral.....	57
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	85
MATERIAL Y METODO .....	89
RESULTADOS y DISCUSIÓN .....	99
ESTUDIO 1:	
Predicción del síndrome metabólico por bioimpedancia abdominal y antropometría en hombres de mediana edad.....	101
ESTUDIO 2:	
Efectos de la comida y la bebida sobre las variables de composición corporal en la bioimpedancia abdominal.....	125
ESTUDIO 3:	
Relaciones de la adiposidad abdominal en adultos mayores con síndrome metabólico.	139
CONCLUSIONES GENERALES DE LA TESIS.....	171
ANEXO: Publicaciones relacionadas con la tesis.....	175



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



**Figuras**

Figura 1.- Relaciones del Tejido Adiposo Visceral, secreción de citoquinas inflamatorias y síndrome metabólico (Tomado y modificado de Wajchenberg, 2009 .....	29
Figura 2.- Perfil de lipoproteínas plasmáticas (Tomado de Tchernof) .....	34
Figura 3.- Circunferencia de la cintura entre los hombres, de la Encuesta de Salud de Quebec (Tomado de Després et al.) .....	40
Figura 4.- A: Posición de realización de un BIA abdominal. B: Visor de resultados: Grasa de tronco (%), perímetro abdominal (cm) y nivel de grasa visceral .....	63
Figura 5.- Posicionamiento del paciente en la mesa del DXA. ....	64
Figura 6.- Imagen DXA de cuerpo entero .....	64

**Tablas**

Tabla 1.- Puntos de corte entre el porcentaje de grasa corporal (%GC) y la definición de obesidad basados en ECV (Tomado del Human Body Composition).....	48
Tabla 2.- Análisis comparativo y características de los métodos y equipos de evaluación de la grasa visceral .....	60
Tabla 3.- Métodos de medición e instrumentos utilizados para la determinación de variables bioquímicas sanguíneas .....	95

**Estudio 1**

Tabla I.- Estadística descriptiva general de la muestra .....	111
Tabla II.- Coeficientes de correlación de Pearson de la Grasa de Tronco y Visceral con el resto de variables antropométricas, bioquímicas y de presión arterial .....	112
Tabla III.- Áreas bajo la curva del perímetro abdominal máximo, índice de masa corporal, índice cintura-cadera e índice cintura-altura, grasa de tronco y visceral, para identificar la presencia de síndrome metabólico, sobrepeso y obesidad .....	114
Tabla IV.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de las variables antropométricas y de bioimpedancia abdominal, para identificar la presencia de síndrome metabólico, sobrepeso y obesidad .....	115

**Estudio 2**

Tabla I.- Cambios antropométricos y de BIA abdominal tras la ingestión de comida.....	134
Tabla II.- Diferencias y tamaño de efecto de los cambios antropométricos y de BIA abdominal tras la ingestión de comida .....	134

**Estudio 3**

Tabla I.- Características de la muestra de estudio según género y factores del síndrome metabólico..... 148

Tabla II.- Variables demográficas y antropométricas ..... 149

Tabla III.- Diferencias entre género de variables e índices metabólicos ..... 150

Tabla IV.- Correlaciones de Spearman ( $\rho$ ) entre variables antropométricas y metabólicas con su nivel de significación ..... 152

Tabla V.- Áreas bajo la curva (ABC) de parámetros en índices bioquímicos en mujeres para la detección de síndrome metabólico ..... 154

Tabla VI.- Áreas bajo la curva (ABC) de parámetros en índices bioquímicos en hombres para la detección de síndrome metabólico ..... 154

Tabla VII.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de parámetros e índices bioquímicos en mujeres para identificar la presencia de síndrome metabólico ..... 155

Tabla VIII.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de parámetros e índices bioquímicos en hombres para identificar la presencia de síndrome metabólico ..... 155

Tabla IX.- Áreas bajo la curva (ABC) de parámetros antropométricos en mujeres para la detección de síndrome metabólico ..... 156

Tabla X.- Áreas bajo la curva (ABC) de parámetros antropométricos en hombres para la detección de síndrome metabólico ..... 156

Tabla XI.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de parámetros e índices antropométricos y de BIA en mujeres para identificar la presencia de síndrome metabólico ..... 157

Tabla XII.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de parámetros e índices antropométricos y de BIA en hombres para identificar la presencia de síndrome metabólico ..... 158

Tabla XIII.- Comparación de ABC de índices y variables bioquímicas ..... 162

Tabla XIV.- Comparación de ABC de índices y variables antropométricas ..... 163

## Glosario

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Glosario

CCR2: Receptor 2 de la quimiocina

DM 2: Diabetes tipo 2

DSA: Diámetro sagital abdominal

DXA: Absorciometría dual fotónica de Rayos X

ECV: Enfermedad cardiovascular

HDL: Lipoproteína alta densidad

HT: Hipertensión

ICA: Índice cintura altura

ICAM-1: Molécula de adherencia

ICC: Índice cintura cadera

IDF: International Diabetes Federation

IGF: Insulin Growth Factor

IKK $\beta$ : Enzima de la propagación celular de la inflamación

IL-6: Interleuquina-6

IL-18: Interleuquina-18

IMC: Índice de masa corporal

ISAK: International Society for Advancement in Kinanthropometry

LDL: Low density lipoprotein

L2-L3-L4-L5: Vértebras lumbares 2, 3, 4 y 5

MCP 1: Quimiocina para reclutamiento de monocitos

MetS: Síndrome metabólico

NCEP: National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III

Pabd: Perímetro abdominal

PAI-1: Inhibidor del activador de plasminógeno-1

PCR: Proteína C Reactiva

PDA: Pletismografía por desplazamiento de aire

PPAR $\gamma$ : Receptor alfa del perioxosma proliferador

RM: Resonancia magnética

RME: Resonancia magnética espectroscópica

ROS: Reactive oxygen species

TA: Tejido adiposo

TAS: Tejido adiposo subcutáneo

TAV: Tejido adiposo visceral

TC: Tomografía computarizada

TNF- $\alpha$ : Factor necrosis tumoral  $\alpha$

USDA: Dpto de Agricultura USA

VCAM-1: Molécula de adherencia vascular

VLDL: Lipoproteínas de muy baja densidad

WHR: Waist to Hip ratio: Índice cintura cadera

## RESUMEN

**Introducción:** La obesidad central es uno de los componentes que conforman el conjunto de factores del síndrome metabólico. La obesidad central se asocia a una gran incidencia de diabetes tipo 2, resistencia a la insulina, hipertensión arterial y particularmente a las enfermedades cardiovasculares. Las acciones metabólicas del tejido adiposo visceral son por sí solas un factor de riesgo independiente para una serie de alteraciones metabólicas. **Objetivos:** Los objetivos de la presente tesis han sido estudiar la capacidad de la grasa de tronco y el índice de grasa visceral, obtenidos con métodos de bioimpedancia abdominal (BIA), así como de una serie de medidas e índices antropométricos e índices bioquímicos de disfunción adiposa visceral, tanto en una muestra de jóvenes adultos varones y en otra de personas ancianas, en relación al síndrome metabólico. Un objetivo complementario ha sido estudiar los efectos de la comida y bebida sobre los resultados de bioimpedancia abdominal. **Métodos:** El primer trabajo se ha realizado en una muestra de 75 varones de 21-59 años. Se obtuvieron medidas antropométricas de evaluación de la obesidad central (perímetro abdominal, índice de masa corporal, índice de cintura cadera, índice cintura altura) y grasa de tronco e índice de grasa visceral por BIA. En el segundo trabajo se analizaron los efectos de la comida sobre los parámetros de BIA abdominal. El tercer trabajo analizó la sensibilidad y la especificidad de variables e índices antropométricos así como variables e índices bioquímicos en 210 personas de ambos sexos de 65 a 99 años de edad. Las medidas antropométricas se tomaron bajo las directrices de ISAK. Se realizó un estudio estadístico descriptivo, inferencial (Student T test, Mann-Whitney test), de asociación entre variables mediante correlaciones bivariadas (Pearson ó Spearman). También se realizó un estudio mediante curvas ROC, para la obtención de puntos de corte en base a la sensibilidad y especificidad. **Resultados:** Estudio 1: existen correlaciones de las medidas antropométricas con la de grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, así como con los parámetros bioquímicos ( $p < 0,001$ ). Un análisis de curvas ROC muestra que los puntos de corte a partir de los cuales se puede presentar el síndrome metabólico son de 32,7% de grasa de tronco y de 13 para el nivel de grasa visceral, con una alta sensibilidad y especificidad. Se obtienen los mismos puntos de corte para el estado de obesidad y síndrome metabólico. Estudio 2: Las medidas antropométricas, como la circunferencia de la cintura en posición supina y el diámetro sagital abdominal (DSA), no mostraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), después de la ingestión de alimentos, a excepción de un aumento significativo de la circunferencia de la cintura máxima en posición de pie ( $P < 0,05$ ). Además, la relación entre la grasa visceral y en tronco no cambió ( $P > 0,05$ ). Los cambios porcentuales de las medidas fueron menores del 2% para la circunferencia de la cintura en posición de pie, para la circunferencia de cintura por BIA, para el DSA y la grasa del tronco, y un 5,9% para el nivel de grasa visceral. Estudio 3: Existen diferencias en las relaciones entre parámetros antropométricos con el síndrome metabólico, debidas al dimorfismo sexual. Las mujeres tienen valores más elevados de triglicéridos, colesterol y HDL colesterol que los hombres ( $P < 0,001$ ). Así mismo tienen valores más elevados de presión arterial diastólica, así como los

valores de los índices de función adiposa: LAP, VAI y BAI. Los índices BAI y TG/HDL tienen curvas ROC mayores en mujeres y LAP para hombres. La grasa de tronco e índice de grasa visceral en hombres tiene una capacidad diagnóstica similar al perímetro abdominal, el índice cintura altura y diámetro sagital abdominal y superior al índice de masa corporal. **Conclusiones:** Estudio 1: La grasa de tronco y los niveles de grasa visceral son muy sensibles y específicos para la detección del síndrome metabólico y la obesidad, aunque no superan a las variables e índices antropométricos. Estudio 2: Los efectos de una comida y bebida sobre la grasa del tronco y el nivel de grasa visceral, medidas por impedancia bioeléctrica abdominal, son mínimas, aunque siempre es recomendable hacerlo en condiciones de ayuno. Estudio 3: Destacan los índices antropométrico-bioquímicos BAI y LAP, tanto en hombres como en mujeres para la detección del síndrome metabólico. Las medidas antropométricas para los hombres tienen mayor capacidad predictiva que las mujeres, destacando el perímetro abdominal máximo y el diámetro sagital abdominal. La grasa de tronco y el índice de grasa visceral presentan una mayor capacidad predictiva en hombres que en mujeres.



**ABSTRACT**

**Introduction:** Central obesity is one of the components that make up the set of factors of metabolic syndrome. Central obesity is associated with a high incidence of type 2 diabetes, hypertension and particularly cardiovascular disease and insulin resistance. The metabolic actions of visceral adipose tissue are factors of independent risk for a several number of metabolic disorders.

**Objectives:** The objectives of the present work have been studying the capacity of trunk fat and visceral fat index, obtained with abdominal bioimpedance (BIA) as well as several anthropometric measurements and biochemical indices of visceral fat dysfunction, both in a sample of young adult males and another sample of 210 elderly people, in relation to the metabolic syndrome. A complementary objective was to study the effects of food and drink on the results of BIA.

**Methods:** The first work has been performed in a sample of 75 males aged 21-59. They were obtained anthropometric measures for assessment of central obesity (abdominal circumference, waist-to-hip ratio, body mass index, and waist-to-height) and trunk fat and visceral fat by BIA. The second work discussed the effects of food on the abdominal BIA parameters. The third work analyzed the sensitivity and specificity of anthropometric indices and biochemical indices in people of both sexes from 65 to 99 years of age. Anthropometric measures were taken under the international recommendations of ISAK. A descriptive statistical study, inferential (Student T test, Mann-Whitney test), association between variables using bivariate correlations coefficients (Pearson or Spearman) were obtained. A study using ROC curves to obtain cutoff points based on the sensitivity and specificity was also performed.

**Results:** Study 1: there are significant correlations between anthropometric measures with trunk fat and visceral fat level, as well as the biochemical parameters ( $p < 0.001$ ). An analysis of ROC curves shown cutoff points for metabolic syndrome can occur with 32.7% of trunk fat and 13 for visceral fat ratio, with high sensitivity and specificity. We obtained the same cut-off points for the obesity status and metabolic syndrome. Study 2: anthropometric measures, such as the waist circumference in supine position and sagittal abdominal diameter (SAD), showed no significant differences ( $P > 0.05$ ), after food and beverage ingestion, with the exception of a significant increase of the maximum waist circumference ( $P < 0.05$ ). In addition, no found changes in trunk and visceral fat did not change ( $P > 0.05$ ). The percentage changes of the measures were less than 2% for the waist circumference in standing position, waist circumference in supine position, for SAD and trunk fat, and 5.9% for the level of visceral fat. Study 3: There are differences in the relationships between anthropometric parameters with the metabolic syndrome, due to sexual dimorphism. Women have higher values of triglycerides, total cholesterol and HDL-cholesterol than men ( $P < 0.001$ ). Also have higher diastolic blood pressure levels as well as values of the indices of adipose function: LAP, VAI and BAI. BAI and TG/HDL levels are higher in women and LAP. ROC curves for men. Fat trunk and visceral fat ratio in men has a diagnostic capacity similar to the abdominal circumference, the waist-to-height index and SAD and body mass index. **Conclusions:** Study 1: Trunk fat and visceral fat levels are very

sensitive and specific for the detection of metabolic syndrome and obesity, though not over the variables and anthropometric indices. Study 2: The effects of a food and drink on the trunk fat and the visceral fat ratio, measured by abdominal bioelectrical impedance, are minimal, although it is always recommended to do so in fasting conditions. Study 3: Include anthropometric-biochemical indexes BAI and LAP, both men and women in identifying metabolic syndrome. Anthropometric measurements for men have greater predictive ability than women, highlighting the maximum abdominal circumference and sagittal abdominal diameter. Trunk fat and visceral fat index have a higher predictive strength in men than in women.

## Justificación

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Justificación

La mejora en la calidad de vida de las personas ancianas es de capital importancia y debe ser conseguido con políticas sociales y de salud comunitaria. El aumento de personas ancianas desde 1998 a 2011 creció un 20%, estableciéndose una cantidad cercana a los 8 millones de personas y por supuesto sigue en aumento.

La obesidad central es uno de los componentes que conforman el conjunto de factores del síndrome metabólico. La obesidad central está asociada a una gran incidencia de diabetes tipo 2, resistencia a la insulina, hipertensión arterial y particularmente las enfermedades cardiovasculares.

Las acciones metabólicas del tejido adiposo visceral son por si solas un factor de riesgo independiente para una serie de alteraciones metabólicas, que se asocian al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2, tanto en adolescentes como en personas adultas.

La cuantificación de la grasa central o visceral está bien determinada con los métodos de imagen como la resonancia magnética y la tomografía computarizada, pero como se sabe son costosos y poco utilizables.

En el plano asistencial y de atención primaria, son utilizados los sustitutos de estos métodos de referencia y son los parámetros e índices antropométricos. Desde hace unos años se han puesto a disposición de los investigadores, métodos basados en la bioimpedancia eléctrica y particularmente la bioimpedancia eléctrica abdominal, capaz de estimar cantidades de grasa de tronco y grasa visceral, sin tener que emplear grandes cantidades de tiempo y sin ser dependiente de la técnica utilizada, solamente de unas normas estrictas y simples, previas a la exploración.

Estos métodos de bioimpedancia abdominal aún no han sido implantados en la práctica diaria y no se conoce la relación y capacidad de estas variables para el diagnóstico del síndrome metabólico.

Por lo expuesto concisamente con anterioridad el objetivo general de esta tesis ha sido, explorar la sensibilidad y la especificidad de la grasa de tronco y del índice de grasa visceral, así como parámetros e índice antropométricos y bioquímicos para el diagnóstico del síndrome metabólico en una población adulta de mediana edad y en un grupo de personas ancianas.

Así mismo se ha estudiado la influencia de la comida y la bebida sobre los parámetros de la grasa de tronco y el índice de grasa visceral.

## Introducción

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



## Introducción

### 1.- El tejido adiposo: en la encrucijada de la aterosclerosis, la inflamación y el síndrome metabólico.

El conjunto de alteraciones determinado por la dislipemia, la hipertensión arterial y la intolerancia a la glucosa es frecuente en sujetos con sobrepeso y ha recibido muchos nombres a lo largo de los años, incluyendo el de **síndrome X y/o síndrome metabólico**. En la descripción original de Reaven, el papel etiológico fundamental fue atribuido a la resistencia a la insulina y la hiperinsulinemia, lo cual se explicaba en parte, por el estado de obesidad (G M Reaven, 1995; G. M. Reaven, 1988) convirtiendo esta premisa en el paradigma dominante para el síndrome metabólico (Yudkin, 2007). Sin embargo, existe una contradicción importante en dicha asociación, que podría deberse, no solo a los problemas de medición sino también a la “resistencia a la insulina”. De esta manera se ha proporcionado un fundamento incierto para el síndrome metabólico, haciendo que ya en la actualidad no sea considerado un criterio útil (o por lo menos medible).

Ha sido muy importante buscar una explicación a nivel fisiopatológico para esto (Eckel, Alberti, Grundy, & Zimmet, 2010). En relación a los nuevos marcadores -como responsables de las asociaciones de la resistencia a la insulina- existe la posibilidad de que pudieran ayudar a explicar relaciones que parecen biológicamente inverosímiles; particularmente la coexistencia de microalbuminuria con resistencia a la insulina en pacientes diabéticos y no diabéticos, así como la asociación de resistencia a la insulina con otras medidas de disfunción endotelial, las cuales son difíciles de conceptualizar como una relación causa-efecto.

Aunque existe la posibilidad de una etiología inversa, donde la resistencia a la insulina sea una consecuencia de la disfunción endotelial y esta a su vez la posible consecuencia de un mecanismo etiológico común (Kim, Montagnani, Kwang, & Quon, 2006; Kubota et al., 2011)

En una muestra de personas adultas saludables, Yudkin y cols., (Yudkin, Stehouwer, Emeis, & Coppack, 1999) observaron buenas correlaciones con las variables del síndrome metabólico, incluyendo la resistencia a la insulina y la disfunción endotelial, asociado a la presencia de un marcador de inflamación de bajo grado, derivado de concentraciones de citoquinas TNF- $\alpha$  e interleucina-6 (IL-6) circulante y los marcadores de fase aguda de la

proteína C-reactiva (PCR) y el fibrinógeno, lo que sugiere que el 35% de la varianza de las medidas que comprende el síndrome metabólico podría explicarse por un estado de inflamación.

Estos resultados obtenidos, por primera vez y la posibilidad de que la asociación entre la resistencia a la insulina y los componentes del síndrome metabólico, podrían ser una consecuencia del estado de inflamación así como las importantes asociaciones con las medidas antropométricas relacionadas a la obesidad y a la distribución central de grasa, podrían ser los responsables, toda vez que cerca de 20% de la varianza de los marcadores de fase aguda podrían explicarse, según las estadísticas, en base a la adiposidad central (Yudkin et al., 1999)

Muchos estudios han demostrado que el exceso de grasa corporal en la parte superior del cuerpo (denominada obesidad central o abdominal) presenta asociaciones con las diferentes características del síndrome metabólico. Por el contrario las personas con una disposición de grasa en la zona de glútea y femoral o depósitos periféricos (obesidad de la parte inferior del cuerpo) o de distribución “femenina” de la grasa, presentan un menor riesgo de morbilidad asociada a alteraciones metabólicas relacionadas con el síndrome metabólico (Wajchenberg, Giannella-Neto, Da Silva, & Santos, 2002).

Según los datos de los estudios de Karelis y cols. (Karelis, St-Pierre, Conus, Rabasa-Lhoret, & Poehlman, 2004), aproximadamente el 20% de la población podría ser catalogada como obesa pero metabólicamente sana, es decir presentan, poca grasa visceral pero un alto índice de masa corporal (IMC) con una sensibilidad a la insulina aumentada. A pesar de ello, el 18% de la población, en este estudio presentaban un peso corporal normal o ligero sobrepeso (metabólicamente eran como muchos obesos y poseían peso normal), pero con valores elevados de grasa visceral, bajo índice de masa corporal, baja sensibilidad a la insulina e hígado graso como anomalía metabólica severa.

Recientemente, Stefan y cols. (Stefan et al., 2008) encontraron, en una amplia muestra de población, que si bien la medición de la grasa visceral, era una poderosa herramienta para discriminar entre los sujetos sensibles a la insulina y los resistentes a la insulina, tanto en sujetos de peso normal como de sobrepeso. En el espectro de los sujetos obesos, el efecto predictivo de la grasa visceral fue relativamente débil.

La grasa visceral fue menor en sujetos obesos, con sensibilidad a la insulina, que en los sujetos obesos resistentes a la insulina, sin embargo la diferencia, no fue estadísticamente significativa, tal vez inesperada teniendo en cuenta los datos recogidos por Wajchenberg (Wajchenberg et al., 2002).

Por otra parte y de acuerdo con ese estudio, Stefan y cols., (Stefan et al., 2008), ese exceso de grasa, sobre todo la grasa visceral, cuando se inflama, afecta la sensibilidad a la insulina en gran medida; sin embargo, con mayor adiposidad total, otros factores más allá de exceso de grasa visceral puede ser más importantes para la regulación de la sensibilidad a la insulina, tales como los depósitos de grasa en el hígado y en el músculo.

Como sugiere Yudkin, (Yudkin et al., 1999; Yudkin, 2007) pareciera que el paradigma más probable para el síndrome metabólico, es el de las moléculas generadas por el tejido adiposo que son capaces de iniciar un estado de inflamación de bajo grado, con las conocidas acciones de las citoquinas pro-inflamatorias, resultantes de esta combinación metabólico-hemodinámico-vascular y que son la consecuencia del estado de proinflamatorio. En este paradigma, la resistencia a la insulina se convierte en otra consecuencia del estado inflamatorio de bajo grado. Hotamisligil y cols., (Hotamisligil, 1999) fueron los primeros en describir la conexión molecular entre la inflamación y la obesidad cuando el TNF- $\alpha$ , una citoquina inflamatoria, que se expresa en tejido adiposo en modelos animales obesos, contribuía a la inhibición de la señalización de las vías de la insulina que ha llevado a la exploración y a la caracterización de otras adipoquinas con similares funciones metabólicas (10). (Hotamisligil, Shargill, & Spiegelman, 1993)

El hecho de que estas citoquinas, inhiben el efecto de la insulina en las células endoteliales (Yudkin, 2007) puede además, contribuir a la resistencia a la insulina mediante la limitación del aumento de flujo capilar nutritivo a los músculos, así como la captación de la glucosa muscular. Las adipoquinas, son mediadores bioactivos producidos en el tejido adiposo, tanto en los adipocitos como en otras células que están presentes en el tejido graso pueden producir adipoquinas, los pre-adipocitos, los macrófagos y las células endoteliales del tejido adiposo, contribuyen a esa producción.

Algunas de estas sustancias, son específicamente, producidas por tejido adiposo (leptina, adiponectina, visfatina, apelina y resistina) mientras que otras no son claramente específicas del tejido adiposo, ya que no se expresan exclusivamente en el y han sido identificadas y caracterizadas previamente como pertenecientes a otro grupo de familias de sustancias (MCP-1, TNF- $\alpha$ , IL-6, PAI-1, angiotensinógeno, 11 $\beta$ -hidroxiesteroide deshidrogenasa (11 $\beta$ -HSD-1), -capaces de convertir la cortisona inactiva en cortisol activo- y los endocannabinoides). (Gustafson, 2010; Scherer, 2006)

Actualmente se han descrito más de 50 tipos diferentes de adipoquinas, que son y actúan de una forma paracrina, autocrina y endocrina, e influyen en el metabolismo de los lípidos, en la homeostasis de la glucosa, en algunos factores de riesgo cardiovascular, como

la hipertensión, así como en procesos inflamatorios y trombóticos. Las funciones de las adipoquinas van más allá del metabolismo y tienen importancia en áreas como la inmunidad, los procesos tumorales, la angiogénesis y la formación de hueso. Es importante distinguir el tejido adiposo subcutáneo del visceral y su relación con la expresión de las diferentes adipoquinas, debido a sus implicaciones en el desarrollo del síndrome metabólico.

La grasa visceral, juega un papel importante en la patogénesis de las enfermedades cardiovasculares ya que expresa muchos componentes altamente implicados como factores de riesgo cardiovascular como la IL-6 y PAI-1 (inhibidor del activador del plasminógeno-1) y glucocorticoides, mientras que la grasa subcutánea produce principalmente sustancias protectoras como **leptina y adiponectina** y es menos sensible a glucocorticoides (Wajchenberg, 2000).

Además, las adipoquinas de la grasa visceral, presentan en la vía porta, un acceso directo de difusión hacia el hígado y por lo tanto, un impacto enorme en los procesos inflamatorios a nivel sistémico general. Los principales mecanismos de acción de las adipoquinas inflamatorias producidas por el tejido adiposo difieren según sea la localización anatómica del depósito de grasa y de donde se produzcan.

De esta manera, las adipoquinas liberadas por los depósitos viscerales ejercerían un efecto mayor en el metabolismo hepático de los carbohidratos y los lípidos, estimulando a su vez la liberación hepática de proteínas de respuesta de fase aguda, como la proteína C reactiva (PCR) -reactivo de fase aguda inespecífico, indicador de inflamación sistémica- además de sus efectos autocrino/paracrino de depósito. Las adipoquinas producidas por el tejido graso subcutáneo, afectarían principalmente el desarrollo de la célula adiposa y la función autocrina/paracrina, ejerciendo efectos sistémicos en el músculo esquelético. El primero puede representar el mecanismo por el que las adipoquinas inflamatorias inducirían a la resistencia a la insulina hepática e inflamación sistémica crónica para posteriormente disminuir el almacenamiento de lípidos en el tejido adiposo, llevando así a la acumulación de grasa ectópica en el hígado y en el músculo esquelético. (Yang & Smith, 2007)

Muchas adipoquinas como MCP-1, la CC2 (CCL2), TNF- $\alpha$  y resistina (cuya función en seres humanos no está del todo aclarada), secretadas por los adipositos en sujetos obesos pueden promover infiltración de macrófagos y su consiguiente acumulación en tejido adiposo y espacio subendotelial. Se ha confirmado por estudios recientes, la

asociación de obesidad abdominal y el aumento en la cantidad de macrófagos presentes en el tejido adiposo. (Kamei et al., 2006)

Estos macrófagos también están implicados en la secreción de citoquinas inflamatorias (TNF- $\alpha$ , IL-6, MCP-1, PAI-1), causando finalmente un estado de inflamación permanente en sujetos obesos. El receptor de MCP-1 (CCL2), C-C receptor 2 de la quimiocina (CCR2), así como de otros receptores de quimiocina CC presentes en el tejido adiposo, juegan un papel notable en la regulación de los monocitos y macrófagos, además de ser necesario para la respuesta inflamatoria dependiente de los macrófagos. Este estado inflamatorio está relacionado con la enfermedad cardiovascular, favoreciendo cambios ateromatosos en el endotelio. (Berg & Scherer, 2005). En Figura 1, se muestra la relación entre la masa grasa visceral, la secreción de adipocinas inflamatorias, la resistencia a la insulina y el síndrome metabólico.

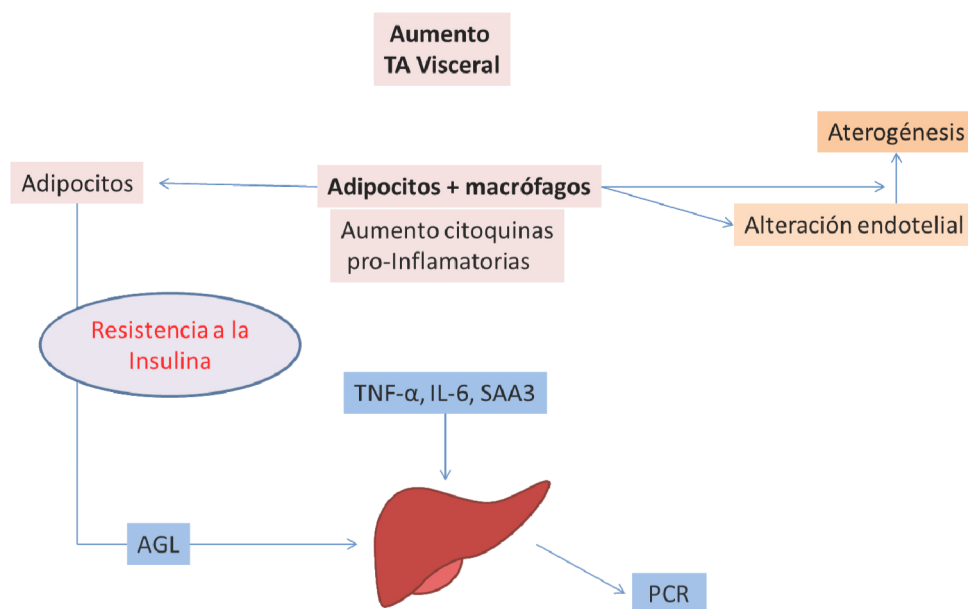


Figura 1.-Relaciones del Tejido Adiposo Visceral, secreción de citoquinas inflamatorias y síndrome metabólico (tomado y basado en Wajchenberg, 2009)

Las adipocinas están implicadas en cada paso del proceso ateromatoso, el cual se inicia con cambios inflamatorios en la pared vascular, que desencadenan una lesión vascular causada por citoquinas, tales como el TNF- $\alpha$  e IL-6, y que a su vez aumentan la expresión de moléculas de adhesión como la molécula de adherencia de 1 (ICAM-1) y la molécula vascular 1 de adhesión (VCAM-1) que incrementa la adhesión de monocitos al endotelio.

Simultáneamente la quimiocina MCP-1 (CCL2) secretada por los adipocitos y por las lesiones de las células endoteliales, no sólo aumenta la migración de monocitos, sino que también favorece su transformación en células espumosas (foam cells) (Libby, 2012), las cuales secretan metalo-proteinasas que pueden conducir a la ruptura de la placa ateromatosa.

Por otra parte, debido a los bajos niveles de adiponectina en la obesidad, los efectos protectores contra la formación de placas ateromatosas están disminuidos. La adiponectina es una proteína específica del tejido adiposo, con propiedades anti-inflamatorias y antiaterogénicas, tales como la disminución de la expresión de moléculas de adherencia, la adhesión de monocitos a las células endoteliales y la disminución de captación de lipoproteínas de baja densidad oxidada (LDL), lo cual trae como consecuencia una disminución en la formación de células espumosas y la disminución en la proliferación y migración hacia el músculo liso vascular (Libby, 2012; Scherer, 2006). La adiponectina aumenta la sensibilidad a la insulina, aumenta a su vez la captación de glucosa del músculo liso y la oxidación de ácidos grasos libres, así como la disminución de la producción de glucosa hepática y la disminución de triglicéridos intracelulares (Libby, 2012).

La obesidad también está relacionada con un estado de hipercoagulabilidad causado por un aumento en niveles de factores procoagulantes circulantes como el fibrinógeno, el factor tisular, el factor de von Willebrand y el factor VII. Además, muchas citoquinas circulantes que se encuentran elevadas en la obesidad pueden causar activación endotelial, llevando a la subsecuente formación de plaquetas (Davi et al., 2002). La inhibición de la fibrinólisis causada por un aumento del nivel de PAI-1 (particularmente alto en la obesidad y la diabetes) es otro componente de este proceso de hipercoagulabilidad favoreciendo así la formación del trombo sobre las placas ateroscleróticas rotas. Por lo tanto, el estado de inflamación crónica que se produce en la obesidad es probablemente el enlace entre los diferentes componentes del síndrome metabólico y la aterosclerosis.

Se ha demostrado que las distintas vías inflamatorias que se producen en el adipocito pueden estar iniciadas por mediadores extracelulares, tales como citoquinas y lípidos, o por el estrés del retículo endoplasmático o debido a la producción excesiva de ROS (reactive oxygen species) por parte de la mitocondrias. Convergen de esta manera las señales de los mediadores sobre las vías de señalización inflamatorias, como las quinasas (inhibidor de la quinasa de  $\text{NF-}\alpha\beta$  IKK $\beta$ ) y quinasas JNK- Estas vías inducen a la producción de más mediadores inflamatorios a través de la regulación transcripcional así como la inhibición de la señalización de la insulina. (Wellen & Hotamisligil, 2005).

Recientemente, se ha encontrado que diferentes vías inflamatorias concurren en los distintos depósitos de tejido adiposo, como el tejido omental, un tejido con mayor NF- $\kappa$ B y mayor actividad JNK en el tejido adiposo abdominal subcutáneo. Además, NF- $\kappa$ B se ha demostrado estar influenciado por la obesidad y la diabetes.

Se hacen necesaria más investigación, para comprender la fisiopatología de las adipoquinas y determinar los objetivos potenciales para nuevos enfoques terapéuticos. Por ahora, se ha demostrado que un cambio de estilo de vida, hacia la consecución de la pérdida de peso, se ha asociado con una mejoría de la función endotelial y una reducción en la circulación de los marcadores de la inflamación. Curiosamente, la pérdida de peso por extirpación quirúrgica de la grasa visceral -pero no por vía subcutánea como la liposucción- se asocia con una disminución significativa en la circulación interleuquina-18 (IL-18), PCR, IL-6 y TNF- $\alpha$  (24) por otra parte, las tiazolidinedionas (TZD), ligandos de gran afinidad del PPAR $\gamma$ , que se dan clínicamente como agentes sensibilizadores de insulina, probablemente mejoran la acción de la insulina a través de múltiples mecanismos, incluyendo la activación de ambos, tanto el metabolismo de los lípidos, como la reducción de la producción de mediadores de la inflamación como el TNF- $\alpha$ .

Como consecuencia de de la abundante expresión de PPAR- $\gamma$  (Peroxisome proliferator-activated receptor *gamma* (PPAR- $\gamma$ ) en el tejido adiposo, generalmente se cree que la inducción de la adipogénesis para reclutar nuevos pequeños adipocitos y así mejorar el alojamiento de lípidos del tejido adiposo y responsable de la secreción de adiponectina, (Lee, Olson, & Evans, 2003; Yang & Smith, 2007)

Se ha demostrado a corto plazo que la terapia de pioglitazona (45 mg/día durante tres semanas en obesos con diabetes tipo 2) mejora la sensibilidad a la insulina, en parte por la reducción de contenido de macrófagos del tejido adiposo a través de la disminución de CCL2 mRNA y la expresión del mRNA de CCR2 en el tejido adiposo subcutáneo, que conduce a una disminución del contenido de macrófagos en el 69% en comparación con el grupo control, lo que resulta en menor inflamación y, posteriormente, mejoría de la sensibilidad a la insulina (Wajchenberg et al., 2002).

Además de estos efectos cardiovasculares y metabólicos, la inflamación crónica de bajo grado presente en la obesidad puede jugar también un papel en otras enfermedades inflamatorias tales como artropatías y enfermedad inflamatoria intestinal. Parece ser que el tejido adiposo y las adipoquinas participan en la modulación de la expresión de citoquinas locales sinoviales y enzimas degradantes de la matriz. (Schäffler, Müller-Ladner, Schölmerich, & Büchler, 2006)

En conclusión, el tejido adiposo es un órgano endocrino metabólico, muy activo en el cruce de caminos del desarrollo del síndrome metabólico, la inflamación y la aterosclerosis. La obesidad y en particular el exceso de grasa visceral se asocian con la resistencia a la insulina, la hiperglucemia, un estado dislipémico aterogénico, la hipertensión, con el estado pro inflamatorio y protrombótico.

### **Definiciones y Clasificación de síndrome metabólico en población europea**

En la literatura se pueden encontrar diversas definiciones en relación al síndrome metabólico, pues se basan en los criterios de la IDF (K. George M M Alberti, Zimmet, & Shaw, 2005) y en los criterios de la NCEP-ATP III (Grundy et al., 2005; National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel, 2002)

Los criterios de la IDF se basan en la presencia de un IMC  $>$  de  $30 \text{ kg/m}^2$  en varones y de  $25 \text{ kg/m}^2$  en mujeres y dos o más de los siguientes criterios

- (1) Presión arterial  $>130 \text{ mmHg}$  (sistólica) y  $>85 \text{ mmHg}$  (diastólica) o uso de medicación antihipertensiva
- (2) Triglicéridos  $>1.7 \text{ mmol/l}$ ; o  $> 150 \text{ mg/dL}$
- (3) HDL-Colesterol  $< 1.03 \text{ mmol/l}$  en hombres y  $<1.29 \text{ mmol/l}$  en mujeres; and
- (4) Glucosa en ayunas  $> 100 \text{ mg/dL}$  o presencia de diabetes o uso de antidiabéticos.

De acuerdo a los criterios de NCEP-ATP III el diagnóstico de MetS se basa en la presencia de 3 o más, de los 5 criterios determinados por IDF y con especial referencia en la población europea, con valores del perímetro de la cintura de  $> 94 \text{ cm}$  en hombres y  $80 \text{ cm}$  en mujeres



## **2.- Las alteraciones metabólicas y las enfermedades relacionadas con la obesidad central**

### **2.1.- Resistencia a la insulina y diabetes tipo 2**

Durante más de dos décadas, la obesidad abdominal se ha asociado con la resistencia a la insulina. (Kissebah AH, 1994a). De manera reciente, la resistencia a la insulina, la aterosclerosis y la circunferencia de la cintura han sido predictoras de la acción periférica de insulina disminuida, en individuos no diabéticos (Karter et al., 2005; Y. Wang, Rimm, Stampfer, Willett, & Hu, 2005), confirmando que el perímetro de la cintura ha sido el mejor predictor de la diabetes tipo 2 (DM 2), que el IMC. En un gran estudio internacional de 168.000 sujetos, Balkau et al. demuestran claramente que dentro de cualquier categoría de IMC (normal, sobrepeso u obesidad), se observó un aumento progresivo de la prevalencia de la diabetes a través de los quintiles de circunferencia de la cintura. (Balkau, 2008)

Además, un estudio prospectivo de Boyko et al. (Boyko, Fujimoto, Leonetti, & Newell-Morris, 2000) realizado en población estadounidense de origen japonés, analizó la relación entre la medida de adiposidad visceral por TAC y la incidencia de la DM 2, encontrando que la grasa visceral, precede al desarrollo de DM 2. En ese estudio, el tejido adiposo visceral fue predictivo de la DM 2, independiente de los valores de insulina en ayunas, la secreción de insulina, la glucemia, la grasa total y regional y la historia familiar de diabetes. Este estudio sugiere que la excesiva cantidad de grasa visceral puede ser la clave del fenotipo asociado con el desarrollo de la diabetes tipo 2.

### **2.2.- Dislipemia aterogénica**

El estado dislipémico es frecuente en los pacientes con obesidad visceral y es una característica clave en la presencia del síndrome metabólico, habiendo sido descrito ampliamente en la literatura (J. P. Després, Lemieux, & Prud'homme, 2001; J. P. Despres et al., 1990). En este estado se incluyen niveles elevados de triglicéridos, niveles bajos de HDL colesterol (lipoproteína de alta densidad) niveles de colesterol total normales y de LDL, pero con una presencia aumentada de partículas LDL (cuantificado por los niveles de apolipoproteína B) siendo estas más pequeñas y más densas de lo normal (Figura 2).

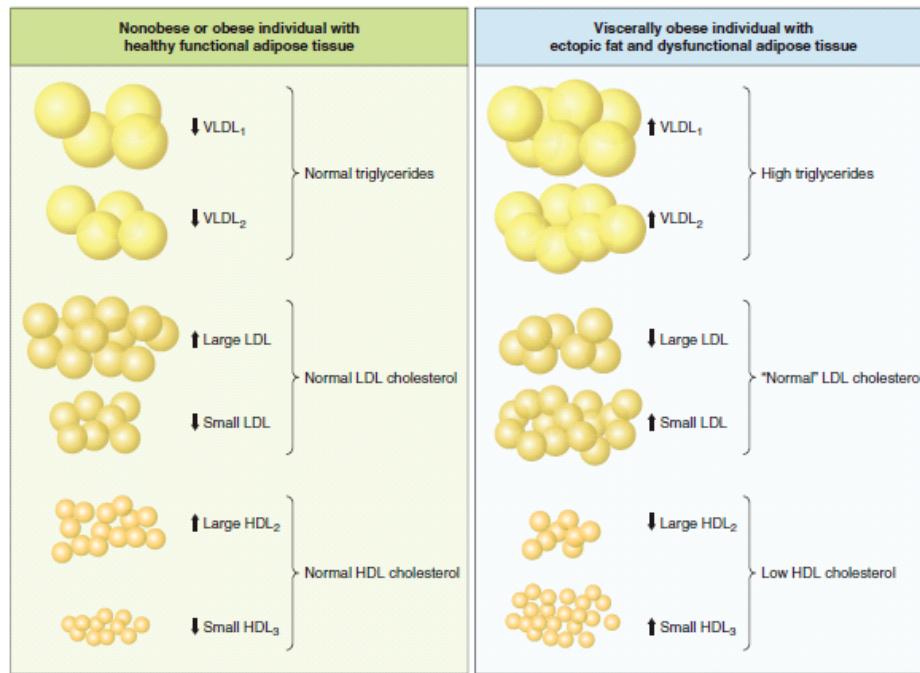


Figura 2. Perfil de lipoproteínas plasmáticas de no obesos y personas obesas o con tejido adiposo funcional versus el perfil de una persona obesa visceralmente con grasa y tejido adiposo disfuncional. El perfil lipoproteico aterogénico del visceralmente obeso incluye un aumento de la proporción de grandes lipoproteínas de baja densidad (VLDL) y de los pequeños las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y una disminución de la concentración de lipoproteínas grandes alta densidad (HDL) partículas (tomado de Tchernof)

En la obesidad abdominal, las partículas HDL también son de pequeño tamaño debido a la presencia de hipertrigliceridemia (A Pascot et al., 2001). Los niveles de colesterol total y LDL están generalmente dentro del rango de normalidad a menos que se presentan alteraciones (J.-P. Després, 2006). A nivel clínico, la hipertrigliceridemia y los niveles bajos de colesterol HDL serán, por lo tanto los dos principales factores que pueden ser utilizados para detectar alteraciones asociadas con obesidad visceral.

Como se mencionó anteriormente, el aumento de la proporción en el tamaño de las partículas grandes y pequeñas de LDL y HDL, es un aspecto importante de los pacientes con un estado dislipémico y se observa con frecuencia en los pacientes con obesidad visceral (Figura 1). Este fenómeno es debido a la remodelación de estas lipoproteínas en la circulación, por enzimas como las proteínas de transferencia de éster de colesterol y triglicéridos de la lipasa hepática (Taskinen, 2005). Por lo tanto, en presencia de hipertrigliceridemia, el aumento de la concentración de grandes partículas VLDL<sub>1</sub> promueve la transferencia de moléculas de triglicéridos LDL y HDL a cambio de moléculas de colesterol esterificado. Como consecuencia, tanto los triglicéridos enriquecidos LDL y partículas HDL en pacientes con obesidad visceral se convierten en buenos sustratos para

la lipasa de los triglicéridos hepáticos, que lleva al agotamiento de los principales lípidos de estas lipoproteínas, formando pequeñas partículas LDL y HDL densas. Este fenómeno se explica, en parte por los bajos niveles de colesterol HDL que con frecuencia se encuentra en los individuos con obesidad visceral.

Cada uno de los componentes de las dislipidemias aterogénicas descritos, podrían contribuir, junto con muchos otros factores, al desarrollo de la aterosclerosis. La hipertrigliceridemia *per se*, se ha propuesto como un factor de riesgo independiente para la aterosclerosis (es decir, de los riesgos vinculados con el impacto de la remodelación de LDL y HDL), pero este tema sigue siendo muy debatido (Austin, 1991; Yuan, Al-Shali, & Hegele, 2007). Los remanentes de lipoproteínas ricas en triglicéridos, que se encuentran elevados en sujetos con hipertrigliceridemia, son altamente aterogénicas, probablemente en la medida de lo pequeño y denso de las partículas de LDL (Vergès, 2010). Varios factores pueden contribuir a la aterogenicidad de las partículas pequeño y densas de LDL (Rizzo & Berneis, 2007).

En primer lugar, las partículas LDL pequeñas absorben de forma menos eficiente los receptores LDL -su ruta normal de juego- lo que aumenta su tiempo de permanencia y el número de ellas en la circulación, mientras que el LDL, produce un empeoramiento de la resistencia a la insulina mediante la reducción de la capacidad de la insulina para estimular la expresión de los receptores de LDL (Lamarche, Lemieux, & Despres, 1999). Este proceso favorece el carácter vinculante de las pequeñas partículas pequeñas de LDL en la pared arterial.

En segundo lugar, los cambios de conformación de la apolipoproteína B en la superficie de las pequeñas partículas de LDL hace que exista una mayor probabilidad de interactuar con la superficie de las células endoteliales que recubren las arterias. Esta retención y el menor tamaño de las partículas LDL facilita su entrada en la pared vascular.

En tercer lugar, las partículas pequeñas de LDL son muy sensibles de experimentar modificaciones químicas (oxidación, etc.) una vez dentro de la pared de la arteria.

En cuarto lugar, los receptores de los macrófagos reconocen las partículas LDL modificadas, que se convierten gradualmente en células espumosas. La formación de células espumosas es uno de los primeros pasos en el desarrollo de la placa aterosclerótica (Libby, Ridker, & Hansson, 2011). En contraste, el HDL podría ser antiaterogénico de diversas maneras (Barter et al., 2004). Las partículas HDL colesterol pueden promover el flujo de la pared arterial (como lo hacen en todos los tejidos) y facilitar su transporte hasta el hígado. El HDL también podría evitar modificaciones químicas de LDL en la pared

arterial, lo que reduce su absorción por parte de los macrófagos. Además, el HDL pueden obstaculizar los procesos para reclutar precursores de macrófagos (monocitos) a la pared arterial, lo que reduce a su vez la cantidad de lípidos y permite acumular las células que lo contienen.

También se ha demostrado que el HDL que llevan las moléculas posee propiedades anti-inflamatorias, antitrombóticas y antioxidantes, lo cual reduce la carga inflamatoria y oxidativa en las paredes de las arterias, así como, la formación de coágulos sanguíneos.(Forrester & Shah, 2006). La combinación de altas concentraciones de triglicéridos, baja los niveles de colesterol HDL y las partículas tanto pequeñas y densas de LDL, lo cual se ha dado en llamar la "tríada lipídica aterogénica", la cual ha sido reconocida como un importante factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares (ECV). (Grundy & Garber, 2002)

Otra tríada de anormalidades metabólicas que a menudo se encuentra entre las personas con obesidad visceral, es la tríada metabólico aterogénica de la hiperinsulinemia, el aumento de la apolipoproteína B y las partículas LDL pequeñas, los cuales han demostrado, un aumento de riesgo de ECV, de 20 veces en hombres de edad media y ese riesgo sería en gran parte independiente de los factores tradicionales de riesgo lipídico (Lamarche, Tchernof, et al., 1998)

### **2.3.- Hipertensión arterial**

La hipertensión arterial es un factor importante de riesgo para una variedad de complicaciones cardiovasculares, como la hipertrofia ventricular izquierda, las arritmias auriculares y ventriculares, la insuficiencia cardíaca y la enfermedad cardíaca isquémica con o sin insuficiencia cardíaca congestiva (Black, 2003). La hipertensión arterial también afecta al sistema nervioso central y los riñones. La presencia de otros factores de riesgo, tales como la resistencia a la insulina y el síndrome metabólico (J.-P. Després, Després, Lemieux, & Lemieux, 2006), potencian el efecto pernicioso de la hipertensión en órganos diana y el riesgo de ECV. La relación entre la obesidad y la hipertensión ha sido reconocida desde hace mucho tiempo, en los pacientes obesos que tienen valores más elevados de hipertensión arterial en comparación con personas con normopeso. (Stamler, Stamler, Riedlinger, Algera, & Roberts, 1978). Curiosamente, no todas las personas obesas son

hipertensas, lo que indica una vez más la heterogeneidad de la obesidad en el ámbito vascular. (Poirier et al., 2005).

La circunferencia de la cintura es reconocida como la variable más predictora, independiente de la tensión arterial sistólica y diastólica en sujetos normoglucémicos. (G. N. Thomas et al., 2000). Por otra parte, se ha comprobado que el exceso de grasa visceral se asocia a la hipertensión (Hayashi et al., 2003). Sin embargo, los índices de hipertensión eran bastante altos en ambos estudios (56 y 25 %, respectivamente) (Hayashi et al., 2003; G. N. Thomas et al., 2000)

En un estudio basado en una población, de los cuales sólo el 6,5 % de los sujetos tenían hipertensión, Poirier et al., señalaron, que la circunferencia de cintura en hombres y mujeres está más fuertemente asociada con la presión arterial sistólica y diastólica en comparación con otros factores como la resistencia a la insulina y los niveles de insulina en ayunas. La cantidad de grasa visceral indirectamente estimada con circunferencia de la cintura, por lo tanto, puede explicar en gran medida la asociación entre la obesidad, la insulina en ayunas, la sensibilidad a la insulina y la presión arterial por lo menos en este estudio. (Poirier et al., 2005). Los mecanismos que sustentan el aumento de la presión arterial con obesidad visceral independiente de la resistencia a la insulina son desconocidos, pero una posible respuesta se encuentra en la alteración de la angiotensina II y la secreción de aldosterona en la obesidad. (Nagase et al., 2006; Zorad, Fickova, Zelezna, Macho, & Kral, 1995)

La mayoría de los componentes del sistema renina-angiotensina han sido identificados en el tejido adiposo humano (Zorad et al., 1995). También se sabe que la obesidad causa alteraciones estructurales en los riñones que pueden llegar a provocar pérdida de función y una elevación de la presión arterial. (Hall, 2003)

Por lo tanto, la obesidad, especialmente la obesidad abdominal, acompañada de la deposición de grasa ectópica, parece jugar un papel importante en la fisiopatología de la hipertensión y no debe olvidarse a la hora de determinar los enfoques terapéuticos para la disminución de la presión arterial

## 2.4.- Cáncer

El análisis de los datos epidemiológicos disponibles ha reiterado la existencia de una asociación significativa entre la obesidad (IMC alto) y un mayor riesgo de padecer ciertos cánceres. Algunos estudios han proporcionado la evidencia significativa de mayor riesgo de cánceres de colon y mama (después de la menopausia), cáncer de endometrio, riñón, esófago, hígado y cáncer de páncreas, así como linfoma no-Hodgkin y mieloma en personas obesas (Basen-Engquist & Chang, 2011). Datos recientes han demostrado una gran evidencia en el aumento de riesgo de cáncer colorectal, esófago, riñón, y el cáncer de páncreas en ambos sexos así como de cáncer de tiroides en los hombres y de endometrio, de vesícula biliar y el de mama, después de la menopausia en las mujeres. (Renehan, Tyson, Egger, Heller, & Zwahlen, 2008)

Si la adiposidad visceral está específicamente asociada, con el riesgo de cáncer, también ha sido estudiada. Los datos existentes, se refieren al cáncer colorrectal. Una serie de estudios, entre ellos un meta-análisis donde la obesidad abdominal y/o obesidad visceral aumenta de manera específica el riesgo de cáncer colorrectal independiente de la adiposidad total. (Kang et al., 2010; Larsson & Wolk, 2007; Tsang, Briody, Kohn, Chow, & Singh, 2009; Yamamoto et al., 2010)

Una mayor acumulación de tejido adiposo visceral, también parece predecir una peor respuesta al tratamiento de quimioterapia y una mayor tasa de complicaciones como resultado de la cirugía. (Nitori, Hasegawa, Ishii, Endo, & Kitagawa, 2009)

También es posible que la obesidad abdominal este relacionada con el riesgo de aparición de cáncer de mama en mujeres pre y posmenopáusicas (Rose, Haffner, & Baillargeon, 2007; Schapira et al., 1994; Vona-Davis, Howard-McNatt, & Rose, 2007), y con el riesgo de cáncer de próstata y de cáncer de esófago. Un gran número de mecanismos se están investigando en la actualidad para explicar la posible relación entre el cáncer y la obesidad/ obesidad visceral.

La insulina, la insulina-GF (IGF), las hormonas sexuales, la inflamación, las citoquinas, la hipoxia y el estrés oxidativo, se encuentran entre los mecanismos que han sido causa de atención científica en los últimos años. Se necesitan más estudios para aclarar la etiología de la obesidad visceral y cáncer. Evidentemente, la compleja etiología de estas dos condiciones, junto con la confusión de los efectos de la actividad física así como la

gran variedad de compuestos incluidos en la dieta, plantea retos importantes para estos estudios.(Reynolds, Donohoe, & Doyle, 2011)

## 2.5.- Apnea del sueño

La relación entre apnea obstructiva del sueño (AOS) y la obesidad ha sido reconocida desde hace mucho tiempo. (Peppard, Young, Palta, Dempsey, & Skatrud, 2000; Resta et al., 2001). Esa relación podría ser bidireccional: por un lado, la adiposidad visceral puede ser una característica de deposición de grasa ectópica incluyendo el exceso de grasa, que puede aumentar el riesgo de AOS a través de fenómenos metabólicos y mecánicos; por otro lado, la AOS está también asociada a un menor nivel de actividad física, a una disminución de la calidad del sueño y al aumento del apetito. (Spiegel, Tasali, Penev, & Van Cauter, 2004). Por lo tanto, los pacientes visceralmente obesos que presentan AOS pueden entrar en un círculo vicioso que conduce a un marcado empeoramiento de su estado clínico y riesgo cardiometabólico.

## 2.6.-Síndrome metabólico

La diversidad de alteraciones asociadas a la obesidad abdominal ha sido denominada "síndrome metabólico" y una serie de criterios clínicos han sido presentados para ayudar a identificar a las personas en riesgo alto de padecerlo. Aunque la circunferencia de la cintura fue reconocida inicialmente como uno de los cinco criterios clínicos para diagnosticar el síndrome metabólico por el National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III (National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel, 2002) obligatorio y propuesto inicialmente por la Federación Internacional de Diabetes (IDF).(K G M M Alberti, Zimmet, & Shaw, 2006; K. George M M Alberti et al., 2005), no ha habido un debate sobre si este parámetro debe ser considerado como un criterio clínico. La justificación de no imponer el perímetro de cintura como un criterio obligatorio es debido a que algunas personas se caracterizaron por la presencia de síndrome metabólico a pesar de no tener un gran perímetro de cintura.

Para examinar esta posibilidad, se ha utilizado una muestra poblacional con la finalidad de evaluar valores de circunferencia de la cintura entre todas las combinaciones posibles de tres de los cinco criterios clínicos (Figura 3). Los resultados presentados en la figura 3 muestran claramente que en todas las combinaciones de los criterios seleccionados

los individuos con una elevada circunferencia de la cintura, que quizá no siempre llegan al corte arbitrario de 102 cm, pero sin embargo son elevados. (J.-P. Després et al., 2008). Estos resultados no excluyen la posibilidad de que algunas formas de resistencia a la insulina y síndrome metabólico se encuentren en personas no obesas. (G M Reaven, 1995) Sin embargo, es preciso destacar que una gran proporción de personas con síndrome metabólico presentan altas cantidades de grasa abdominal.

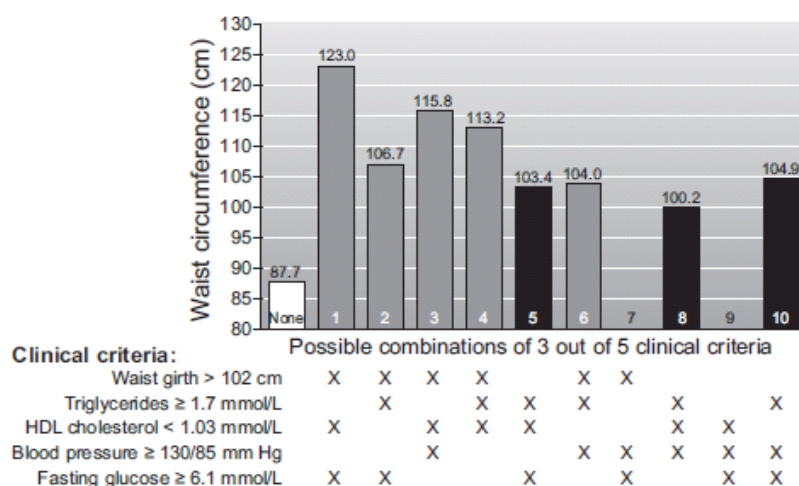


FIGURA 3. Circunferencia de la cintura entre los hombres" (n° 907) de la Encuesta de Salud de Quebec a las diferentes combinaciones de el National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III criterios clínicos para la identificación del síndrome metabólico. Ninguno de los pacientes se caracterizó por las combinaciones 7 y 9. [Tomado de Després et al.)

Aunque la adiposidad visceral es de las características del síndrome metabólico que se asocia con un aumento del riesgo relativo de las ECV (Galassi, Reynolds, & He, 2006; Gami et al., 2007; Motillo et al., 2010), no se puede utilizar con la finalidad de un diagnóstico clínico del síndrome metabólico o una medición directa de tejido adiposo visceral, para estimar riesgo de ECV. Ya se ha señalado que para evaluar el riesgo de ECV, se debería primero evaluar los riesgos sobre la base de factores de riesgo clásicos (edad, sexo, tabaquismo, presión arterial, colesterol LDL, colesterol HDL, y antecedentes familiares de enfermedad coronaria prematura, entre otros).

Por el momento, y aunque los meta-análisis han demostrado que en el síndrome metabólico aumenta el riesgo relativo de padecer DM 2 y enfermedad cardiovascular, los estudios se utilizan como una herramienta para hacer hincapié en la necesidad de orientar



hacia la reducción del exceso de adiposidad abdominal y a la consecución de buenos hábitos de vida (alimentación saludable y actividad física).

Se ha introducido el concepto de riesgo cardiometabólico, que no es más que el riesgo global de las enfermedades cardiovasculares como consecuencia de la presencia de factores de riesgo tradicionales junto con la posible contribución añadida de nuevos factores como la obesidad visceral y de las características propias del síndrome metabólico.(J. Després, Cartier, Côté, & Arsenault, 2008; J.-P. Després et al., 2006; J.-P. Despres et al., 2008; Shimabukuro, 2009)

### 3.- Tejido adiposo, grasa corporal total y salud

La relación entre el exceso de peso corporal, la obesidad y la salud ha sido extensamente estudiada. Estas relaciones están mediadas por las características metabólicas del tejido adiposo, sin embargo el papel principal de los adipocitos es acumular triglicéridos, además de intervenir en la producción de un largo número de hormonas, prohormonas, citoquinas, enzimas autocrinas y paracrinas y en diversas acciones endocrinas. En estados de obesidad, la producción de proteínas derivadas del tejido adiposo esta aumentada, lo cual tiene implicaciones severas de cara a los problemas relacionados con la salud. Existen diferencias regionales en la producción de proteínas en el tejido adiposo (TA). Comparando el tejido adiposo subcutáneo con el tejido adiposo visceral, asociado a la obesidad, destaca el acúmulo en el tronco y tiene una gran relación con las enfermedades cardiovasculares (Wiklund et al., 2008).

Una gran cantidad de tejido adiposo del compartimiento visceral, tiene efectos pleiotrópicos sobre diversas hormonas y funciones metabólicas que pueden contribuir al desarrollo de enfermedad cardiovascular (ECV) y a otros problemas crónicos de salud. La American Heart Association (AHA) ha declarado la obesidad como el mayor factor de riesgo modificable para el desarrollo de enfermedad coronaria. (Eckel & Krauss, 1998; Todd Miller, Lavie, & White, 2008)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Instituto Americano de Salud (NIH) ha declarado la obesidad como la enfermedad crónica y el mayor factor de riesgo de enfermedad de declaración no obligatoria, así como la diabetes tipo 2, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y los grandes cambios psicosociales en los países industrializados, haciendo un especial énfasis en la obesidad abdominal. (World Health Organization, 2000)

Los efectos adversos de la obesidad y la adiposidad abdominal o central, comienzan en la infancia y en la adolescencia. Diferentes estudios confirman que la prevalencia del sobrepeso y la obesidad se han incrementado en los EEUU y Europa (Mokdad et al., 2003; Ogden, Flegal, Carroll, & Johnson, 2002) mientras que los países en vías de desarrollo de todo el mundo también se ven afectados de manera progresiva por esta alarmante tendencia.

La epidemia de obesidad puede que pronto compense los esfuerzos actuales para prevenir las ECV sin embargo podría incrementar el costo de atención sanitaria. Es necesaria la creación de estrategias de gestión de riesgo individual y grupal, que incluyan la identificación de aquellos individuos con exceso de tejido adiposo que podrían verse afectados en términos de salud y calidad de vida. El exceso de grasa es un problema de salud permanente que requiere estudios de cuestiones específicas relacionadas con la edad, raza y la etnia.

En este estudio se revisarán primero, las medidas de grasa corporal total, y su especial relación con los problemas crónicos de salud y el papel que juegan en la detección de sobrepeso y obesidad. Teniendo en cuenta la fisiología y la repercusión para la salud. Se revisarán también las medidas disponibles más comunes para estimar la distribución de la grasa corporal

### **3.1.- Grasa corporal total**

El estudio del nivel de cuerpo entero en la organización de la composición corporal total (Z. M. Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992) implica mediciones simples, tales como el peso corporal, la estatura, la longitud de segmentos, circunferencias y pliegues de grasa subcutánea. Muchos estudios se limitan a la utilización de estas medidas antropométricas, incluidos el IMC y su relación con los resultados clínicos. Por lo tanto, el término grasa corporal total, ha sido adoptado para incluir los conceptos de la adiposidad y el exceso de grasa corporal total, que, aunque estén relacionadas, pertenecen a diferentes niveles de los cinco niveles conocidos y que tienen propiedades únicas.

#### *3.1.1.- Medidas de grasa corporal total*

Existen muchos métodos de laboratorio disponibles para estimar grasa corporal total o tejido adiposo, todos ellos poseen distintos niveles de precisión, tanto desde el punto de vista de la práctica clínica, como de su costo. Los métodos de imagen, tales como, tomografía axial computarizada (TAC) y resonancia magnética (RM), han sido utilizadas para evaluar el nivel órgano-tejido de la composición corporal total, los cuales tienen una alta precisión pero también un alto coste. (Z. M. Wang et al., 1992)

A menudo el concepto de porcentaje de grasa corporal (%GC) ha sido utilizado para evaluar y expresar la relación entre composición corporal y salud. La utilidad del

porcentaje de masa grasa corporal total, ha sido recientemente cuestionada, debido a que la normalización de grasa en el cuerpo debido al peso del sujeto ignora la variación de masa libre de grasa. (Wells, 2001). Dos personas pueden diferir en su %GC cuando tienen una masa libre de grasa equivalente, pero con valores diferentes de masa grasa o cuando tienen similar valor de masa grasa pero diferente masa libre de grasa.

En los niños, después de controlar la altura, la variación de masa libre de grasa representa dos tercios de la variación en % GC, lo que demuestra que el uso de %GC para definir la obesidad puede ser dependiente de masa libre de grasa (Wells, 2001). Este problema es especialmente crítico durante el período de crecimiento (Maynard et al., 2001; Wells, 2001) aunque también tiene importancia en los adultos (VanItallie, Yang, Heymsfield, Funk, & Boileau, 1990). Es posible normalizar tanto la grasa y la masa libre de grasa por el cuadrado de la altura en niños y en adultos (VanItallie et al., 1990) para obtener tanto el índice de masa grasa (IMGI) como el índice de masa libre de grasa (IMLG) que podría mejorar la sensibilidad para detectar cambios en la grasa corporal almacenada. (Alvero-Cruz JR, Alvarez Carnero E, Fernández-García JC, Barrera Expósito J, Carrillo de Albornoz Gil M, 2010)

Los cambios en la composición corporal de los niños, en etapa de crecimiento y de los adolescentes dependen principalmente del IMLG en lugar de MLG. (Maynard, 2001). En el caso de las niñas, los cambios longitudinales son similares a las de IMG y IMLG hasta los 16 años, posteriormente los cambios en la composición corporal son atribuibles principalmente a IMG. Estas observaciones apoyan la necesidad de analizar la medida en que cada uno de los componentes contribuye a los cambios generales en la composición de los niños y de las niñas durante períodos específicos de desarrollo a lo largo de los resultados relacionados con la salud. Aunque estos dos índices parecen más adecuados para expresar obesidad y delgadez, aún no se han utilizado en relación a la morbilidad. Estos últimos intentos se han realizado para desarrollar datos de referencia de MLG e IMLG para un amplio rango de edades (Schutz, Kyle, & Pichard, 2002), además es necesario realizar análisis para evaluar la asociación del IMG con enfermedades relacionadas con la obesidad y para juzgar su utilidad específica como índice de grasa corporal total para diferentes edades.

Muchas de las pruebas de las que se dispone sobre la obesidad y el riesgo de padecer enfermedades se basan en la relación con los índices de peso-talla. La principal limitación de cualquier índice que se base en el peso, es que no puede distinguir entre el exceso de adiposidad mayor al promedio, de la referente a la musculatura o al tejido óseo.

Por lo tanto, un alto IMC, puede indicar obesidad o tratarse de un sujeto atlético, es decir un aumento de la masa muscular con baja grasa en el cuerpo. De forma similar, en las personas de edad avanzada, un IMC constante puede enmascarar cambios a pesar de un peso estable, tales como aumento de la adiposidad, disminución del tejido músculo esquelético y la pérdida ósea. La relación del IMC de la grasa varía con la edad, sexo, raza y MLG, y las comparaciones entre subgrupos tienen que ser interpretados con cautela porque diferencias en la composición podrían estar ocultas. Por ejemplo, en niños con IMC de  $20 \text{ kg/m}^2$  puede corresponder a un % de grasa corporal entre 5% y 40%, en cambio un 20% de grasa corporal incluye un rango de 15 a  $30 \text{ kg/m}^2$  (Ellis, 2001). A pesar de que los límites de concordancia son algo menores, una baja precisión a nivel individual también se encuentra en los adultos y ancianos. Sin embargo, el IMC es el índice más comúnmente usado para clasificar un peso inferior al normal, el sobrepeso y la obesidad en función de sus relaciones con la masa grasa y los resultados de salud (National Heart Lung and Blood Institute & National Institutes of Health (NIH) National Heart, Lung, and Blood Institute, 1998)

En la infancia y la juventud, diferentes índices de peso dividido por el cuadrado de la talla elevado a una potencia ( $p$ ) se han desarrollado para mejorar la estimación de la grasa. Lo ideal es que el exponente sea elegido para minimizar la correlación con la talla y para aprovechar al máximo la relación con el referente de medidas de grasa. En el ámbito de la juventud, la edad óptima de exponente aumenta de 2.5 (5 años) a 3,5 (9-11 años) y a continuación, desciende a 2.0 (17 años) a la edad adulta.

Otras medidas antropométricas también se han utilizado como sustitutas de la grasa corporal total. Los pliegues cutáneos se utilizan a menudo para proporcionar estimaciones de grasa corporal total. Sin embargo, existe una considerable variabilidad de espesor subcutáneo en diferentes lugares, entre diferentes sujetos, en el tejido adiposo de los distintos depósitos, debido a la capacidad de compresión de tejido adiposo en un sitio determinado; por lo tanto, la comparación entre los individuos puede estar fuertemente influenciada por la edad, el sexo, la raza, y el lugar y grado de obesidad.

Los modelos descriptivos para predecir el porcentaje de grasa corporal, basados en los pliegues corporales, deben ser específicos para las características de desarrollo de la población, aunque los modelos generalizados también se desarrollaron para ser aplicados a un amplio rango de edades. El conjunto de pliegues más apropiado puede variar de acuerdo al sexo, edad, grado de obesidad, los resultados de análisis clínicos, el estado de

salud y por su patrón de grasa corporal, de esta manera es importante aconsejar el uso de una variedad de pliegues en los diferentes grupos de edad y sexo.

La utilización de un solo pliegue o la combinación de varios, han sido utilizadas como variables de la distribución de grasa corporal total y tejido graso en los estudios relacionados en materia de salud. (Teixeira, Sardinha, Going, & Lohman, 2001). Los análisis de sensibilidad y especificidad para identificar sujetos obesos y no obesos se han llevado a cabo mediante el uso de varios pliegues y se han relacionado con estándares de porcentaje grasa corporal con el fin de identificar valores de corte que pueden ser fácilmente utilizados para detección de la obesidad.

### **3.2.-Clasificación de riesgo basada en grasa corporal total**

Las medidas de composición corporal y de la grasa corporal total cambian con el crecimiento, el desarrollo y el envejecimiento, de esta manera los valores de corte para los niños, los adolescentes, los adultos y los ancianos, han sido propuestos a partir de determinados criterios relacionados con la salud.

#### **3.2.1.- Niños y adolescentes**

La definición de obesidad sigue siendo un tema controvertido. Los criterios de porcentaje de grasa corporal tanto en niños como en adultos todavía no se han desarrollado. Debido a su simplicidad y correlación con la grasa, el IMC se ha convertido en el método preferido (Maynard et al., 2001). Se han utilizado dos criterios para clasificar la grasa corporal siendo el IMC uno de los métodos de referencia para identificar a un determinado segmento de la población con sobrepeso u obesidad que depende de la distribución del índice de la población. El corte también puede depender del momento en que los datos fueron recogidos, habida cuenta de que la prevalencia de la obesidad está aumentando, el valor absoluto que se corresponde con la norma de referencia también ha aumentado (Ogden et al., 2002).

Un elevado nivel de grasa corporal se relaciona con un riesgo elevado de enfermedad, sin embargo enfocar el criterio de referencia basado solamente en identificar los niveles altos de grasa asociados con el aumento del riesgo de la salud, no es suficiente y es necesario relacionarlo al sexo y a la edad.

Los puntos de corte seleccionados son independientes de los datos de población y la respectiva distribución de las variables de interés. Cuatro estudios han sido relacionados con riesgo CV en sujetos jóvenes y porcentaje de grasa corporal. En una extensa muestra de niños y niñas japoneses, entre 9 y 10 años de edad. La proporción de colesterol total, entre lipoproteínas de alta densidad (HDL) fue significativamente mayor, con una estimación de 23% a 25% de grasa corporal, obtenido por técnicas de bioimpedancia (Washino, Takada, Nagashima, & Iwata, 1999). En niños prepúberes con un punto de corte de 33% GC estimada por DEXA ha habido una buena sensibilidad para identificar un factor de riesgo adverso (Higgins, Gower, Hunter, & Goran, 2001) y valores de perímetro abdominal de 71 cm, así como valores inferiores de 2% y 61 cm tendrían los mismos riesgos.

Dos estudios con muestras de gran tamaño de niños y adolescentes demostraron que más de 30 % de GC en los perfiles lipídicos empeoraron en niñas ((Dwyer & Blizzard, 1996). En niños, un 20% a 25% de grasa corporal es el punto de corte para un riesgo de ECV aumentado.

Ambos estudios apoyan la propuesta del concepto de un único valor de corte para una amplia gama de edades, incluyendo niñas y niños pre-púberes y post-púberes. Existe una gran dificultad para definir el punto de corte relacionado con la salud en los resultados de diferentes estudios.

En primer lugar el porcentaje de grasa corporal y los factores de riesgo CV varían constantemente y no existe un punto claro en la cual la correlación entre ellos cambie drásticamente. Es de particular importancia el hecho de que estas relaciones están tal vez influenciadas por distintos tipos de interacciones entre la edad, la raza, el sexo y la distribución de los factores de riesgo de enfermedades cardio-vasculares en la cohorte específica, que podrían explicar los diferentes puntos de corte propuesto por esos cuatro estudios.

Debido a la fuerte relación entre grasa corporal y los cambios en los diferentes factores de riesgo relacionados con el envejecimiento (por ejemplo la correlación entre grasa y lipoproteínas de baja densidad (LDL-Chol)) aumenta en edades entre 5 y 17 años, mientras que la relación con la presión arterial sistólica disminuye con la edad. Por esa razón los estudios longitudinales entre los índices de grasa y los factores de riesgo CV son más importantes que definir puntos de corte en estudios transversales.

No obstante, un criterio como el porcentaje de grasa, utilizado como método de referencia, con sus limitaciones, es clínicamente relevante y además una herramienta útil

para la detección de los niveles críticos de grasa corporal total que incrementan el riesgo de enfermedad.

Tabla 1.- Puntos de corte entre el porcentaje de grasa corporal (%GC) y la definición de obesidad basados en ECV (Tomado de Human Body Composition)

Autor	n	Edad	Método	Variables	Punto de corte
<b>Williams, 1992</b>	3320	5-18 a	Σ pliegues	PAS-PAD	Niños : 25%
			Lohman	Perfil lipídico	Niñas : 35%
<b>Dwyer, Blizzard, 1996</b>	1834	9-15 a	Σ pliegues	PAS-PAD	Niños : 20%
			Brook	Perfil lipídico	Niñas : 30%
<b>Washino, 1999</b>	1289	9-10 a	BIA		Niños : 23%
				Perfil lipídico	Niñas : 23%
<b>Higgins, 2001</b>	87	4-11 a	DXA	PAS-PAD	Niños : 33%
				Perfil lipídico	Niñas : 33%

Debido a las dificultades en el desarrollo de modelos biológicos para clasificar e identificar el exceso de grasa, se han utilizado otras dos normas diseñadas con diferentes enfoques. Kuczmarski (2000) desarrolló una definición estadística basada en una muestra estadísticamente representativa de varios países, mientras otros enfoques usan una combinación internacional de datos basados en el desarrollo sexual e índice de masa corporal específico entre niños y adolescentes extrapoliándolos a curvas específicas de índice de masa corporal de 25 a 30 kg/m<sup>2</sup> a los 18 años. (Kuczmarski RJ, 2000)

En los Estados Unidos la definición más reciente de sobrepeso se basa en la carta de crecimiento del año 2000 del Centro de control y prevención de enfermedades (CDC) (Ogden et al., 2002). El sobrepeso en niños está definido por el percentil 95% o más del Índice de masa corporal, mientras que el incremento de riesgo por sobrepeso se encuentra ubicado en los percentiles entre 85 -95.

Otros países, incluidos Reino Unido (Wright et al., 2002), Italia (Cacciari et al., 2006) y Suecia (Karlberg, Luo, & Albertsson-Wikland, 2001) han desarrollado gráficos nacionales (curvas) de índice de masa corporal usando el mismo método, ajustando la distribución del índice de masa corporal a las desviaciones estándar y permitiendo distintos índices de masa corporal, valores para ser expresados como percentil o desviación estándar. El Comité de expertos de la Organización Mundial de la Salud (WHO 1995) definió como riesgo de sobrepeso para adolescentes entre 10 a 19 años (sexo y edad IMC) en el percentil 85.



### 3.2.2.- Medidas de distribución de la Grasa

El término distribución de grasa se refiere a la cantidad relativa de grasa de los compartimentos primarios donde se deposita la grasa y el tejido adiposo. Los modernos avances en la valoración de los métodos de composición corporal, permiten la cuantificación de grasa en tejidos no adiposos, tales como en el músculo y en el hígado. (Bret H Goodpaster, 2002). De esta forma el término “distribución de grasa” se refiere a la medida en un sitio en relación a otros. Por otra parte, el concepto de grasa regional se refiere en términos generales, a la grasa de tronco o de tejido adiposo subcutáneo. Las medidas antropométricas como el perímetro abdominal o el perímetro de glúteo son utilizadas para establecer una categoría de distribución (patrón superior o inferior de distribución grasa) y este concepto sería similar al de patrón graso. Dependiendo del tipo de estudio de composición corporal los términos pueden variar, por ejemplo cuando hablamos de *grasa abdominal central*, si lo relacionamos más al campo de la salud, que al propio aspecto morfológico (David E Kelley, Goodpaster, & Storlien, 2002). Actualmente se están estableciendo relaciones entre la salud y la grasa en depósitos como el hígado e intramusculares. De esta manera, el término adecuado sería el estudio del tejido adiposo siempre que nos referimos a mediciones basadas en el tejido (mediciones mediante imágenes), y todo ello en contraposición del concepto *grasa* que implicaría su medida bajo un concepto de nivel químico y molecular como el realizado por DXA (Shen et al., 2003)

### 3.2.3.- Métodos antropométricos

Las medidas antropométricas de distribución grasa y en particular de la adiposidad abdominal mas ampliamente utilizadas son:

*WHR (Waist-Hip Ratio):*

Es el conocido Índice cintura cadera (ICC). Esta medida fue la primera en indicar la distribución de grasa y en ser ampliamente utilizada. El fundamento de esta medida radicaba en la creación de una medida de ajuste de la circunferencia abdominal con la figura corporal, creando un índice que pudiera identificar a personas con una preponderancia superior o inferior de grasa corporal. Desde el área de la epidemiología ha sido una variable que se relaciona con riesgo de enfermedades y mortalidad en ambos sexos (Lapidus,

Bengtsson, Hällström, & Björntorp, 1989) y además es independiente del grado de adiposidad total (Pouliot et al., 1994), por lo que para una ICC dada, existe una gran variabilidad de adiposidad. Un aumento de la adiposidad total y también de la adiposidad central no sería detectado por el ICC (J. P. Despres et al., 1990). El ICC por ejemplo es sensible a su relación con alteraciones hormonales ligadas a enfermedades y alteraciones metabólicas (trigliceridemia, resistencia a la insulina) y esta asociado a incrementos relativos en el tamaño abdominal, pero no a las medidas totales de grasa (Seidell & Bouchard, 1997)

Se ha comprobado que el ICC no es una variable tan predictiva de la grasa visceral, como el perímetro abdominal o el diámetro sagital abdominal (J. P. Despres et al., 1990). Estas medidas son mejores predictores, pues correlacionan mejor de forma simultánea con la grasa corporal total así como con la adiposidad visceral. Se está tratando de precisar las relaciones de WHR sobre las variables y su relación con la salud, atribuyéndole una mayor protección a un patrón de grasa inferior sobre uno de tipo superior (Hunter et al., 1997)

*Perímetro de cintura ó Perímetro abdominal (PAbd):*

El uso de técnicas de imagen para la medición de tejido adiposo abdominal e intra-abdominal ha servido para analizar la relación entre las medidas directas y las arrojadas por las medidas antropométricas. Muchos estudios destacan a la circunferencia abdominal (PAb) como la variable más estrechamente relacionada con los factores de riesgo cardiovascular en comparación con WHR (Wajchenberg BL, 2000) o como indicador de grasa visceral (Rodrigues de Oliveira Penaforte, Cremonezi Japur, Díez-García, Salles Macedo, & García Chiarello, 2012). La varianza compartida del Pabd con la grasa total y el IMC es en torno al 80%. El coeficiente de correlación entre el Pabd y la grasa visceral es de 0.8 (Pouliot et al., 1994). Otros estudios indican que Pabd se asocia con la grasa visceral, con la subcutánea y la adiposidad total ajustándolo al IMC y el ICC. La medida del PAbd ha sido la recomendada por la Organización Mundial de la Salud y el Instituto Norteamericano de Salud como la medida del riesgo relacionado a la obesidad. Por ejemplo una mujer entre 30-35 kg/m<sup>2</sup>, tiene un riesgo muy alto de padecer diabetes, hipertensión y enfermedades cardiovasculares, dependiendo de su Pabd si es mayor a 88 cm. El Pabd ajustado a la altura (*Waist to Height ratio*) se relaciona más estrechamente a la enfermedad coronaria que el Pabd (Ashwell, 1996) y es un mayor predictor de la mortalidad (Cox and Whichelow, 1996). La poca relación entre el Pabd y la altura hace que el índice *Waist Height ratio* haya sido criticado (Han, 1996) y realmente estos índices puede ser que

biológicamente no esten bien explicados (Allison, Paultre, Goran, Poehlman, & Heymsfield, 1995; Molarius & Seidell, 1998)

#### *Diámetro Sagital Abdominal (SAD):*

Esta medida se define como la distancia entre la parte posterior y anterior del abdomen a nivel de las crestas ilíacas. Es una medición que se realiza con un antropómetro o por imágenes de tomografía o resonancia. Esta medida se correlaciona muy bien con el volumen visceral (0.93) en personas con diferentes IMCs. (Kvist, Chowdhury, Grangard, Tylén, & Sjöström, 1988; van der Kooy K, Leenen R, Seidell JC, Deurenberg P, 1993)

Es un predictor de grasa visceral mayor en personas delgadas que en obesos (Busetto et al., 1992), así como también posee un mayor poder predictivo en relación a factores riesgo metabólico (Ohrvall, Berglund, & Vessby, 2000). En general es muy buen predictor por su asociación con el estado de la salud.

#### *3.2.4.-Métodos de imagen*

La resonancia, la tomografía y el DXA son métodos de referencia (Ellis, 2001; Gallagher, Shaheen, & Zafar, 2008) que se vienen utilizando para la valoración de la distribución de grasa en seres humanos y que pueden medir directamente las zonas seleccionadas; mientras que otras técnicas nos permiten solo estimar en base a relaciones conocidas y mediante ecuaciones. Son métodos caros y dependientes de un técnico en el tratamiento de imágenes, con un resultado sobre la cuantificación de la grasa in vivo, además de otras medidas como la densidad ósea, masa muscular esquelética por regiones o total. Avances recientes permiten cuantificar la grasa ectópica (B H Goodpaster, Kelley, Thaete, He, & Ross, 2000).

#### *3.2.5.-Tomografía y MRI (Magnetic Resonance Imaging)*

Estos métodos son considerados como los métodos "*gold standard*" para medir los compartimentos de tejido adiposo, así como la adiposidad corporal total y han sido fundamentales en la cuantificación de la grasa abdominal (Van Loan, 1996). Aunque los métodos son diferentes, han dado resultados con valores muy parecidos (van der Kooy K, Leenen R, Seidell JC, Deurenberg P, 1993), con una buena precisión y reproducibilidad en

ambos. Hay que tener en cuenta que la tomografía (TC) produce radiaciones ionizantes y no esta aconsejada en niños ni en mujeres en periodo de gestación.

Se pueden obtener de uno a múltiples cortes, permitiéndonos estimar, desde las áreas a los volúmenes del tejido graso. El nivel de corte en L4-L5 nos permite el cálculo de áreas, tanto a nivel visceral como subcutáneo. La relación entre visceral y subcutáneo (ratio), se utiliza como índice de distribución de la grasa abdominal. Un ratio  $>0.4$  distinguiría a un perfil visceral y uno  $<0,4$  sería subcutáneo, estando esta ratio relacionada con anomalías metabólicas independiente del sexo, la edad, o el IMC (Fujioka, Matsuzawa, Tokunaga, & Tarui, 1987)

### 3.2.6.- DXA

Debido al aumento en el uso y la accesibilidad del DXA, este se está utilizando para diferentes propósitos tales como el estudio de los efectos del ejercicio, la obesidad, la pérdida de peso, la salud ósea y la sarcopenia entre otros. DXA permite el análisis regional corporal, así como la confección de áreas de interés.

Svendsen (1993) propone una serie de normas en el estudio de regiones grasas de tronco y abdomen (Svendsen, Haarbo, Hassager, & Christiansen, 1993). Los estudios de Kelley (2000) encuentran que la grasa medida por DXA y TC es muy alta (0.97) (D E Kelley, Thaete, Troost, Huwe, & Goodpaster, 2000) que a su vez se corrobora en otros estudios (Jensen, Kanaley, Reed, & Sheedy, 1995; Svendsen et al., 1993). Treuth et al., encuentran que la grasa total de tronco medida por DXA, explicaría un 70% de la varianza de la grasa intraabdominal. DXA es un buen método, que se relaciona muy bien con los indicadores del estado de salud, mostrando generalmente que la grasa de tronco es un buen predictor de alteraciones metabólicas independiente de la grasa total (Sardinha, Teixeira, Guedes, Going, & Lohman, 2000)

### 3.2.7.- Ultrasonido

Este método se ha utilizado para medir la profundidad del tejido adiposo tanto subcutáneo como intraabdominal. Los coeficientes de correlación con la TC están entre 0.70-0.85 (Wajchenberg, 2000). En mujeres obesas, Armellini y cols (1993) encuentran que las medidas con ultrasonidos son mejores que el diámetro sagital abdominal, para distinguir mediante terciles la grasa intraabdominal. Existen pocos estudios que incidan

sobre la relación de las medidas con ultrasonido y resultados del estado de salud (Armellini et al., 1993). Solo un estudio de Wajchenberg (2000) analiza esta relación superando al diámetro sagital abdominal y al perímetro abdominal. Los puntos de corte se asociaron a niveles altos de colesterol, bajos niveles de LDL, altos niveles de triglicéridos y de la presión arterial. (Wajchenberg BL, 2000)

### *3.2.8.- Resonancia magnética espectroscópica (RME)*

Esta técnica ha permitido cuantificar el contenido de lípidos de los tejidos no adiposos (Bret H Goodpaster, 2002) . RME permite valorar lípidos intra y extramiocelulares, aunque se han reportado errores de medida en torno al 6% (Boesch, Slotboom, Hoppeler, & Kreis, 1997)

### **3.3.- Clasificación de riesgo basado en la distribución de la grasa**

Normalmente las medidas que se relacionan y son reflejo de la distribución grasa se relacionan con WHR, el perímetro abdominal y el área de tejido adiposo visceral. El estudio de estas variables se basa en el fundamento de su relación con la salud y el riesgo incrementado de padecer enfermedades (Kissebah AH, 1994b). Los puntos de corte se definen como aquellos que presentan una mayor sensibilidad y especificidad y que sean aplicables a grandes grupos, por ello establecemos diferentes puntos para niños y adolescentes, adultos y mayores.

#### *3.3.1.- Niños y adolescentes*

Aunque las enfermedades crónicas son infrecuentes en la edad juvenil, los factores se presentan y cambian desde la edad infantil a la adultez (Goran MI, 1999). Los criterios de definición en niños son difíciles y en algunos casos las categorías de riesgo se hacen en base a una clasificación de percentiles en relación a la variable resultado (Williams et al., 1992) y estableciendo criterios comparativos en relación a medidas y a la distribución de grasa. Como en los adultos, un aumento en la adiposidad abdominal en niños y adolescentes se asocia a un empeoramiento de muchas variables metabólicas y

cardiovasculares, siendo cuantificado mediante antropometría (Maffeis, Pietrobelli, Grezzani, Provera, & Tatò, 2001; Teixeira et al., 2001) o mediante técnicas de imagen (M I Goran, Bergman, & Gower, 2001; Herd, Gower, Dashti, & Goran, 2001; Huang, Johnson, Gower, & Goran, 2002).

El perímetro abdominal sigue asociándose a factores de riesgo metabólico en adultos, niños y adolescentes. Asayama, encontró que valores de 77 cm de perímetro de cintura, proveían a este valor con una alta sensibilidad y especificidad para detectar anomalías metabólicas (Asayama et al., 1995). Estos datos de Asayama no están corroborados en otras muestras y con otros resultados como la resistencia a la insulina o a las alteraciones de las lipoproteínas. Los pliegues del tronco son una herramienta sensible a la detección de anomalías metabólicas (Maffeis et al., 2001; Teixeira et al., 2001). Esto se ha demostrado en una muestra de jóvenes portugueses con buenas correlaciones para el riesgo de enfermedades CV (Teixeira et al., 2001).

La asociación de los factores de riesgo con la adiposidad central son muy potentes en niños y adolescentes, tanto en jóvenes de peso normal como en obesos (Teixeira, 2001). Correlaciones ajustadas a la edad entre variables antropométricas y grasa derivada de DXA muestran resultados diferentes y dependen de la adiposidad total. Los triglicéridos, solo se asocian con las medidas de distribución grasa en niños y niñas obesas (Teixeira et al., 2001). Los triglicéridos son marcadores selectivos de alteraciones metabólicas (Després, 2001), aunque esto no se ha comprobado en sujetos jóvenes, en niños y en adolescentes obesos se ha estimado en base a la adiposidad visceral (Brambilla et al., 1994; S Caprio et al., 1995; Sonia Caprio et al., 1996) y también por las medidas de adiposidad abdominal, obtenidas por las técnicas antropométricas y DXA (Flodmark, Sveger, & Nilsson-Ehle, 1994)

Estudios que han medido la grasa visceral, muestran una gran variabilidad dependiendo del IMC (Michael I. Goran et al., 1997), representando solo entre un 5-20% de la adiposidad total abdominal y el resto es grasa subcutánea. El ratio grasa visceral/subcutánea es bajo en el obeso joven con respecto al sujeto no obeso, indicando que la obesidad abdominal es a partir de la adiposidad subcutánea. En definitiva podríamos concluir que en niños y jóvenes adolescentes un abdomen aumentado y un tronco con gran cantidad de grasa están relacionados con un deterioro del perfil metabólico y lipídico. Una detección temprana de la distribución grasa, medida por los pliegues del tronco o el perímetro abdominal resultaría de gran valor. El perímetro abdominal se correlaciona muy

bien en un gran espectro de IMCs y este puede ser un sustituto de los depósitos aumentados de adiposidad visceral.

### 3.3.2.- *Adultos*

La asociación entre el nivel de grasa y la salud está bien estudiado por los trabajos de diversos autores (Kissebah AH, 1994b; Wajchenberg, 2000). Existen estudios (Bjorntorp, 1985) de puntos de corte, que asocian la distribución de grasa con el WHR, en valores de 1 para hombres y de 0,80 en mujeres. Varios estudios de seguimiento confirman que a mayores valores, mayor riesgo cardiovascular y de mortalidad (Larsson, 1984). Estos puntos de corte son modificados a 1 y 0,90. La USDA también aporta puntos de corte parecidos (0,95 y 0,90) respectivamente (Dobbelsteyn, 2001; Ito, 2003, Lin, 2002, USDA, 1990). Todos estos índices han sido ampliamente discutidos y el grupo de Después de Canadá, ha sido responsable de un informe que indica los valores de corte para WHR, perímetro de cintura y DSA, relacionados con la grasa visceral (Lemieux, 1996). Este estudio se realizó sobre 403 personas de ambos sexos y en base a un umbral de área de grasa visceral de 130 cm<sup>2</sup>, unos valores de WHR de 0,94 y 0,90 en varones y mujeres. Los puntos de corte de la obesidad abdominal, basados en el Pabd y publicados por Lean (1995) son de 102 y 88 cm. El uso de los puntos de corte basados en Pabd, muestran una relación del riesgo de salud con grandes Pabd para personas normales, con sobrepeso y obesas, tanto en hombres como en mujeres (Ardern, 2004; Janssen, 2002). En España los nuevos puntos de corte son 94,5 y 84,4 cm para hombres y mujeres respectivamente (Marcuello et al., 2013) Podemos encontrar que personas con bajos IMC, poseen grandes Pabd y viceversa (Folsom et al., 2000).

Las ventajas del uso del IMC, Pabd y el autoinforme de los riesgos CV, aun no están claros, especialmente para la recomendación de tratamientos el poder predictivo no es mayor, en ninguno de los índices antropométricos (Han, 1996). Algunos estudios destacan cierta ventaja del Pabd sobre el IMC (Dobbelsteyn, 2001; Ho, 2001; Lin, 2002; Janssen, 2004). Se ha encontrado que una combinación del IMC y Pabd tienen una mayor sensibilidad en la predicción de riesgo de ECV (Zhu, 2004; Ardern, 2004). Dependiendo de la clasificación del IMC (normal, sobrepeso, obesidad I y obesidad II) se establecen puntos de corte de 80, 100, 110 y 125 para varones y 80, 90, 105 y 115 para mujeres como puntos de corte para predicción de enfermedades coronarias. (Ardern, 2004).

Després y colaboradores destacan la combinación de un Pabd grande con hipertrigliceridemia (“Abdomenes hipertrigliceridémicos”) y que se relacionan a la hiperinsulinemia, al aumento de apolipoproteínas B y de lipoproteínas de baja densidad. (J.-P. Després et al., 2008)

Existen diversos estudios que expresan la relación entre los indicadores de salud cardiovascular, riesgo metabólico y el área de grasa visceral. La mayoría de los estudios presentan valores en torno a 130 cm<sup>2</sup> de tejido adiposo visceral (J.-P. Després et al., 2008), con métodos de corte de TC a nivel de L4-L5. Otros estudios realizados a nivel del ombligo, presentan valores entre 90-110 cm<sup>2</sup> (Saito, 1998; Lottenberg, 1998). Otra manera de expresar y presentar la distribución de grasa visceral es la utilización del ratio visceral/subcutánea (v/s ratio). Un valor de 0,4 o mayor en mujeres y hombres se relaciona a un riesgo de alteraciones metabólicas e hipertensión (Fujioka, 1987)

Las evidencias de que el Pabd es el índice más completo de la distribución de grasa abdominal en relación a la salud están bien justificadas. Existe una discusión sobre si los depósitos de grasa en los brazos puede ser perjudicial y la que se deposita sobre las extremidades inferiores se ha postulado como de efecto positivo, por ello Hunter (1997) muestra que el tejido adiposo periférico esta independientemente relacionado con los factores de riesgo cardiovascular. También la adiposidad subcutánea de tronco se relaciona muy bien con factores de riesgo cardiovascular (Sardinha et al., 2000). Otras asociaciones fueron descritas por Pouliot (1992) utilizando imágenes de TC, e indicando el efecto protector de la grasa del muslo. (Pouliot et al., 1994).

La grasa abdominal subcutánea se divide en superficial y profunda separada por un plano fascial (D E Kelley et al., 2000). Otra localización de grasa la tenemos en el muslo y esta se reparte por la zona superficial, profunda e intramuscular. La grasa superficial y profunda se mide muy bien con TC y RM y la grasa intramuscular se hace más difícil de cuantificar aunque ya existen técnicas no invasivas que lo hacen posible (B H Goodpaster et al., 2000)

### 3.3.3.- *Sujetos Mayores*

Muchos estudios han intentado clarificar el efecto de la edad como factor mediador entre la relación de la distribución de la grasa, la salud y la mortalidad (Chang et al., 2000). Una combinación de grasa central y un patrón androide, están asociados a una peor salud



en personas mayores (Turcato E, Bosello O, Di Francesco V, Harris TB, Zoico E, Bissoli L, Fracassi E, 2000). Algunos índices antropométricos como WHR, tienen una buena correlación con anormalidades metabólicas y mortalidad (Folsom, 1989, 1990, 1993). Las personas mayores acumulan cantidades relativamente grandes de grasa visceral, sin que ello repercuta sobre el peso total, por ello quizás Pabd y DSA son menos sensibles que en pacientes jóvenes.

Folsom (2000) comparó la precisión de IMC, Pabd y WHR y observó que daban información sobre la incidencia de diabetes, HT y enfermedades cardiovasculares y adicionalmente el WHR era predictor de cáncer y fracturas de cadera. Existen diferentes relaciones entre las medidas antropométricas y los diferentes niveles de riesgo dependiendo de la distribución en quintiles (Visscher et al., 2001)

#### **4.- Importancia clínica y métodos diagnósticos de la grasa visceral**

El tejido adiposo (TA) está compuesto por adipocitos y estos, originalmente se derivan de los lipoblastos. Inicialmente el papel del tejido adiposo tuvo un carácter amortiguador y aislante del cuerpo pero recientemente es más conocido por el importante papel endocrino y de almacenamiento de energía. La cantidad de tejido adiposo se encuentra modificada por factores fisiológicos, genéticos y psicosociales entre otros, lo cual confiere diferentes tipos de almacenamiento en el cuerpo. El aumento de la prevalencia de sobrepeso y obesidad hace necesario conocer los métodos de cuantificación y caracterización del TA. Este está distribuido en diferentes proporciones en el cuerpo y los patrones de depósito dependen de varios factores, tales como el sexo, la edad, la etnia, el genotipo, la dieta, el ejercicio físico y los niveles hormonales. Normalmente el tejido adiposo se encuentra en mayor cantidad en las mujeres, en las personas mayores y en las que tienen sobrepeso (An et al., 2000; Evans et al., 2001; Kanaley et al., 2001; U G Kyle et al., 2001; Ritchie & Connell, 2007; Wu et al., 2001)

El tejido graso se deposita en el cuerpo, de dos formas: en el tejido adiposo subcutáneo (TAS) y en el tejido adiposo visceral (TAV). Ambos tejidos tienen características metabólicas diferentes y hay que prestar especial atención al TAV, por su asociación con diversas patologías médicas (Fox et al., 2007; Oh et al., 2008; Schapira et al., 1994; Strong et al., 2013; von Hafe, Pina, Perez, Tavares, & Barros, 2004).

A pesar de que la grasa y el tejido adiposo se pueden distinguir por sus características bioquímicas, estos términos se pueden utilizar de forma intercambiable, aunque la obesidad abdominal se caracteriza por un aumento de grasa alrededor de los órganos intra-abdominales y esta circunstancia, es conocida como la obesidad central u obesidad visceral. Esta circunstancia se ha unido a enfermedades como las alteraciones del metabolismo de la glucosa, de los lípidos y de la resistencia a la insulina (Fox et al., 2007; Oh et al., 2008), el aumento de cáncer de colon (Strong et al., 2013), el cáncer de mama (Schapira et al., 1994) y el de próstata (von Hafe et al., 2004).

La acumulación o depósito de grasa visceral no solo tiene que ver con la ingesta total, ya que esta es muy diferente entre personas. Los mecanismos que explican las asociaciones de la grasa visceral con el riesgo metabólico están relacionados a múltiples fenómenos y vías de producción (Tchernof & Després, 2013). El TAV aumenta con la edad, en ambos sexos y está bastante bien determinado por un aumento en el índice cintura-cadera (Lanska, Lanska, Hartz, & Rimm, 1985), con aumentos en la zona central como la zona glúteo femoral y en el perímetro abdominal. La prevalencia de ECV se asocia frecuentemente al aumento del tejido adiposo visceral y a alteraciones del metabolismo lipoproteico y de la glucosa (A Pascot et al., 1999).

Existen diferencias por género, en la distribución de la grasa, los hombres acumulan la grasa en el tronco y abdomen, y las mujeres en glúteos y piernas. Krotkiewski, sugirió que la regulación hormonal era la responsable del tipo de distribución de la grasa (Krotkiewski, Bjorntorp, Sjostrom, & Smith, 1983). El aumento de la grasa visceral en hombres va en relación al aumento de la grasa total y en mujeres ese aumento de TAV no va tan unido a ese aumento de la grasa total. La tendencia del hombre a acumular TAV, parece ser el factor, de porqué, la obesidad es más peligrosa en el hombre que en la mujer sin embargo las diferencias tampoco explican, los diferentes perfiles de riesgo (Agnès Pascot et al., 2002).

Las hormonas sexuales pueden tener un importante papel, debido al marcado dimorfismo sexual en los patrones de depósito de la grasa corporal. Hombres con bajos niveles de testosterona, se asocia a una distribución visceral y abdominal de la grasa (Shi, Strader, Woods, & Seeley, 2007) y el tratamiento con testosterona exógena -para alcanzar valores dentro de la normalidad- generalmente produce una disminución de la adiposidad visceral (Marin et al., 1993).

La obesidad visceral es considerada, como un factor independiente del síndrome metabólico y la magnitud de esa circunstancia, es pronóstico de su condición y efectos

(Mathieu, 2008; Ritchie & Connell, 2007). El TAV determina *per se*, un perfil de riesgo cardiovascular y un aumento de la susceptibilidad de padecer enfermedades cardíacas e hipertensión arterial (Busetto, 2001; Fox et al., 2007; Lamarche, Lemieux, Dagenais, & Després, 1998). El TAV es un tejido activo productor de hormonas como la adiponectina, la leptina, el TNF, la resistina y la IL-6 entre otras. De estas hormonas, la adiponectina, posee una particular importancia, debido a su actividad antiangiogénica protectora. Esta se relaciona inversamente a la cantidad de TAV y valores bajos de adiponectina se asocian a DM 2, niveles altos de glucosa, hipertensión arterial, enfermedad cardiovascular, síndrome metabólico (Fox et al., 2007) y grandes tumores (en especial de riñón). Por esta razón es importante poder medir los niveles de adiponectina junto a los de TAV, con el objetivo de entender mejor las enfermedades relacionadas a la patogénesis de la obesidad. Todo ello redundaría en la importancia de poder medir con precisión el TAV y diferenciarlo del tejido adiposo total.

No solo, por estas razones, es necesaria una cuantificación precisa del TAV, sino también, para tener un criterio bien definido de adiposidad visceral en relación a las alteraciones metabólicas concurrentes. La diversidad de métodos de cuantificación, desde los simples métodos antropométricos como el IMC y el perímetro abdominal, y el diámetro sagital abdominal, hasta las imágenes de TC, que nos permite visualizar cortes transversales y así mismo el cálculo de volúmenes.

Muchas técnicas, han sido desarrolladas para cuantificar el TAV. La antropometría y la bioimpedancia eléctrica (BIA) son técnicas rápidas, de tipo indirecto que se relacionan con aproximación y proveen información de la composición corporal, relacionada con los depósitos centrales abdominales, todo ello en la clínica, aunque todas son técnicas estimativas, lejos de la TC y de la RM (Tabla 2) que son consideradas las técnicas de referencia en el estudio de la composición corporal in vivo (Alvero Cruz JR; AM de Diego Acosta; Fernández Pastor VJ; García Romero J., 2005).

Tabla 2.- Análisis comparativo y características de los métodos y equipos de evaluación de la grasa visceral

<b>Método</b>	<b>Precisión</b>	<b>Reproducibilidad</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Especificidad</b>	<b>Cuantificación</b>	<b>Radiación*</b>	<b>Observaciones</b>
Antropometría	Baja	Muy variable	Muy accesible	Baja	No posible	No	Utilizado como indicador clínico
BIA	Media	CV de 4-10%	Accesible	Baja	Indirecta	No	Precisa de ecuaciones de cálculo Poco entrenamiento del operador
PDA	Alta	CV 1,7-4,5%	Poco accesible	Media	Indirecta	No	Dificultad para el sujeto medido
Ultrasonidos	Alta	CV 2-8%	Accesible	Media	Medida indirecta	No	Gran entrenamiento del operador
DXA	Alta	CV < 1 - 4%	Poco accesible	Baja	Medida indirecta	0,003-0,06 mSv	Se requiere un software especial
TC	Muy alta	CV 1,2-4,3%	Poco accesible	Muy alta	Precisa	6-10 mSv	Se requiere un software especial
RM	Muy alta	CV 2,1- 6,5%	Muy poco accesible	Muy alta	Precisa	No	Se requiere un software especial

\* dosis por exploración, cv: coeficiente de variación, BIA: Bioimpedancia eléctrica, PDA: Pletismografía por desplazamiento de aire

DXA: Absorciometría dual fotónica de rayos X, Densitometría TC: Tomografía computerizada, RM: Resonancia magnética

## Los índices y las medidas antropométricas

El índice de masa corporal (IMC) es la variable más utilizada para la clasificación del estado de sobrepeso y de la obesidad (Kvist et al., 1988). Esta medida correlaciona bien con el área de sección de la grasa visceral medido por TC (coeficientes de correlación por encima de 0,80). El IMC a pesar de su amplio uso, es bien conocida su falta de capacidad para distinguir entre el tejido graso y magro, así como tampoco tiene capacidad para distinguir diferencias, entre el tejido graso subcutáneo y el tejido visceral interno.

El índice cintura cadera (ICC), el perímetro abdominal (PAbd) y el diámetro sagital abdominal (DSA) son medidas de fácil obtención que se asocian y se aproximan a la cuantificación de la obesidad central y la estimación de la distribución grasa. El PAbd representa el conjunto abdominal de grasa visceral y subcutánea, mientras que el ICC, representaría la relación entre la grasa abdominal central, con la de la zona pélvica. Ashwell, encontró correlaciones significativas entre ICC y el ratio del área de sección entre grasa visceral y subcutánea (TAV/TAS) (Ashwell M, Cole TJ, 1991). Un alto ICC, se asocia a un nivel alto de grasa intra-abdominal. A pesar de los hallazgos de Ashwell, este autor no encontró una correlación con el grado de obesidad y esto es debido a un alto grado de variabilidad e imprecisión del ICC, sin embargo, si se ha encontrado al PAbd como una medida que indicaría el nivel de adiposidad visceral para un amplio rango de población. También se ha hallado una buena correlación de la grasa intra-abdominal con la relación PAbd/Talla (índice cintura/altura: ICA) (Onat et al., 2004).

En personas adultas de ambos sexos la proporción del cuerpo que representa la grasa intra-abdominal, aumenta con la edad, mientras que el área de sección de grasa subcutánea tiende a aumentar con el grado de obesidad y no con la edad (Ashwell M, Cole TJ, 1991) por otra parte se encuentran mayores valores proporcionales de TAV en varones que en mujeres (A Pascot et al., 1999). El IMC y el PAbd poseen similares correlaciones con las áreas de grasa total, visceral y subcutánea, en todas las edades, mientras que las medidas de pliegues con las áreas de grasa intraabdominal se tornan débiles con la edad (Ashwell M, Cole TJ, 1991). Kvist y cols, analizaron las relaciones entre el tejido graso visceral y total medidos con TC y lo compararon con medidas antropométricas como el IMC, diámetros, perímetros y pliegues subcutáneos del tronco (Kvist et al., 1988), encontrando una relación del IMC con el tejido adiposo total, con errores mayores al 10%.

Kullberg, encontró una alta correlación entre medidas antropométricas, en particular el diámetro abdominal con el tejido adiposo visceral medido con RM (Kullberg et al., 2007). Existen ciertas discrepancias entre las medidas realizadas de pie (perímetro abdominal, perímetro glúteo) y las medidas de RM obtenidas en decúbito supino. En general el ICC y el DSA son medidas simples de fácil obtención y aceptables indicadores de la acumulación de grasa visceral, pero son imprecisos para predecir el TAV y sus cambios longitudinales (Ball SD, 2003).

### **Impedancia bioeléctrica (BIA)**

Los instrumentos de BIA son de fácil uso, poco costosos y no requieren entrenamiento en su uso (Ursula G Kyle et al., 2004). BIA carece de especificidad y precisión, debido a las diferencias en la resistencia cuando la electricidad es conducida por el tejido graso y magro. A partir de valores de resistencia y mediante ecuaciones de predicción se determina la masa libre de grasa y la grasa total corporal. Actualmente hay intentos de medir la grasa abdominal subcutánea y visceral con buenas correlaciones significativas con la TC (Sarhill, Walsh, Nelson, Homs, & Komurcu, 2000; Shoji et al., 2008)

Existen instrumentos de bioimpedancia abdominal (ViScan®)(Figura 4), que permiten mediciones del perímetro abdominal (el fabricante recomienda que se realicen las mediciones en posición de decúbito supino y ubicar la referencia a nivel del ombligo), el porcentaje de grasa de tronco y finalmente obtener un nivel de grasa visceral (*visceral fat rating*). Este aparato es de fácil utilización y manejo, permite mediciones de la grasa visceral y está considerado, frente a los métodos de referencia un método indirecto, pero se ha comprobado que tiene una buena sensibilidad y especificidad para diagnosticar alteraciones de la glucosa basal en varones adultos (Alvero-Cruz JR, Fernández-Vázquez R, Millán A, Fernández-García JC; Correas L, 2013) , así como con el diagnóstico de pre-hipertensión sistólica (Fernández-Vázquez R, Alvero-Cruz JR, Millán A, Fernández-García JC, 2013).

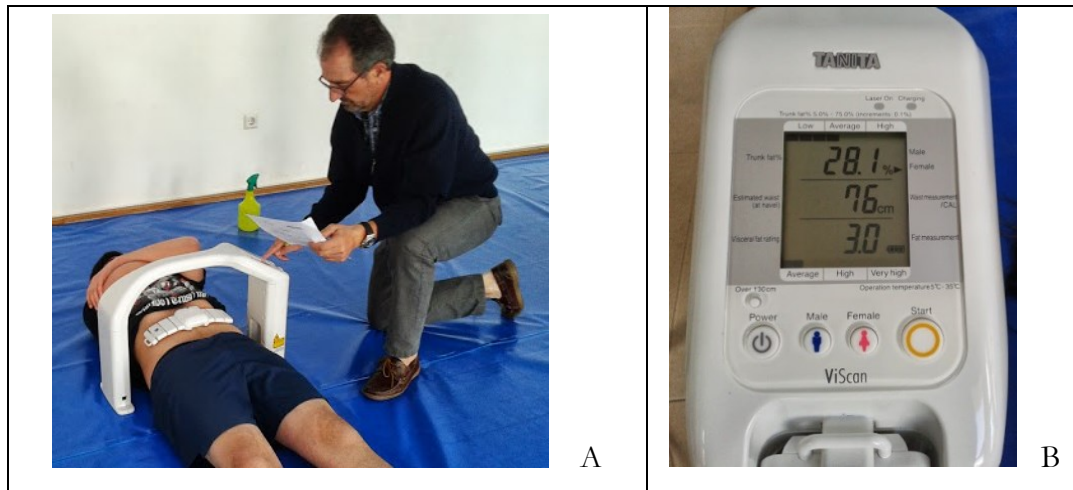


Figura 4: A: Posición de realización de un BIA abdominal. B: Visor de resultados: Grasa de tronco (%), perímetro abdominal (cm) y nivel de grasa visceral (Imagen cedida por la Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad de Málaga)

La comparación entre valores de grasa de tronco entre BIA y RM muestra que la BIA sobrestima los valores y en estudios longitudinales del TAV, su valor es más limitado (Pietiläinen et al., 2012)

Los estudios sobre la validez de las medidas antropométricas, tales como la circunferencia de la cintura, como instrumentos de control de los cambios del tejido adiposo visceral, han mostrado su pobre capacidad de predicción, con curvas ROC de 0,62 (baja sensibilidad y especificidad) (Velludo et al., 2010).

Las medidas del tejido magro están influenciadas por el nivel de hidratación y en especial en enfermos con cáncer (Ursula G Kyle et al., 2004; Nagai et al., 2008; Rockall et al., 2003). La hidratación de los tejidos es probablemente la causa de las discrepancias entre DEXA y BIA (Ursula G Kyle et al., 2004). La BIA y las medidas antropométricas son útiles para la clasificación epidemiológica de obesidad abdominal, pero están limitados en su precisión diagnóstica.

## DXA

El DXA (absorciometría dual-fotónica de rayos X) con una tecnología basada en la emisión de rayos X atenuados, permite la obtención de una imagen total del cuerpo compartimentada en diferentes segmentos teniendo esta, un amplísimo desarrollo y una gran aceptación por los investigadores, por su precisión y rapidez en la valoración de la CC, y en especial para la estimación del tejido graso, tejido libre de grasa y el contenido mineral

óseo. Las medidas obtenidas con el DXA solamente estiman la grasa visceral y no pueden distinguir las diferentes localizaciones de tejido adiposo (subcutáneo e intra-abdominal).

La facilidad de la exploración solo requiere para su ejecución algunas precauciones como son la posición sobre la camilla (Figura 5), que permitirá hacer el estudio segmental con mayor facilidad. El estudio se puede hacer con ropa y lo único importante es retirar todos los elementos metálicos (aros de sujetadores, pulseras, prendas con broches metálicos, cadenas, relojes, anillos, etc.).



Figura 5: Posicionamiento del paciente en la mesa del DXA. (Imagen cedida por el Laboratorio de Biodinámica y Composición Corporal de la Universidad de Málaga)

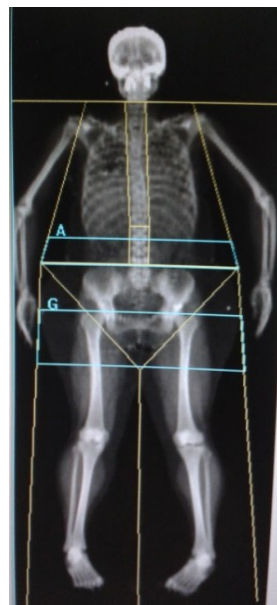


Figura 6.- Imagen DXA de cuerpo entero. El software permite la compartimentación de la composición corporal de miembros superiores, tronco, pelvis y miembros inferiores. Así mismo es posible delimitar zonas de especial interés como A: Androide, G: Ginoide. (Imagen cedida por el Laboratorio de biodinámica y Composición Corporal de la Universidad de Málaga)



Las comparaciones de grasa visceral entre DXA y TC, tomando como referencia cortes en L4-L5, presentan un cierto grado de imprecisión en mujeres obesas (Ball SD, 2003). También las medidas antropométricas como el PAbd y el DSA presentan un grado bajo de concordancia con DXA y esta circunstancia tiene que ver con los diferentes criterios en la medición de medidas indirectas como el PAbd o el DSA (Ball SD, 2003).

Una de las ventajas de DXA es la compartimentación de zonas corporales o regiones de interés. Estas regiones de interés son delimitadas por ventanas que el propio programa permite circunscribir y a partir de ello deriva automáticamente los cálculos. Si existen diferencias, es debido al método de análisis utilizado. Las regiones de interés que se definen a través de diversos puntos anatómicos de referencia. En el caso del estudio de la grasa visceral mediante TC, este se realiza por ejemplo, unos 5-10 cm por encima de la cresta ilíaca y entre la 3 y 5ª vértebra lumbar (Rockall et al., 2003). Otros autores (Direk et al., 2013) lo hacen mediante un corte transversal en el disco intervertebral de L4-L5 como punto de referencia.

El DXA distingue muy bien la grasa, el tejido no grasa y el hueso. En las zonas en que se superponen estos tejidos son muy bien diferenciados y puede influir en la estimación de la grasa de tronco en personas obesas (Kvist et al., 1988; Seidell, Oosterlee, Deurenberg, Hautvast, & Ruijs, 1988). DXA nos permite el análisis de la CC de forma rápida, con un bajo coste y bajísima irradiación, sin embargo la TC y RM tienen una altísima precisión en la evaluación del TAV. DXA es más preciso que las técnicas antropométricas y BIA.

Actualmente, para reducir el tiempo de exposición a la radiación, se ha aconsejado solamente un corte único de TC. Xia y cols (Xia et al., 2014) realizaron un estudio de concordancia entre los cortes de L2-L3 y L4-L5 a nivel de los discos intervertebrales con DXA, y ambos mostraron cortes con una gran correlación (0,94 y 0,96) con similares límites de concordancia y de hecho ambos cortes han sido utilizados para derivar modelos de DXA, para la estimación de las medidas volumétricas del TAV (Xia et al., 2014)

Hoy en día ya se dispone de los DXAs volumétricos que son capaces de realizar estudios en tres dimensiones con muy buena correlación de los estudios de cuantificación de tejidos mediante RM (Ahmad et al., 2010)

### **Pletismografía por desplazamiento de aire PDA**

Esta tecnología es muy nueva y esta basada en la relación de la presión-volumen desplazado por un cuerpo en una cabina-recipiente- que mide el volumen desplazado y a partir de esos valores calcula la densidad corporal, a semejanza del desplazamiento de agua por un cuerpo (principio de Arquímedes). Existen muy pocos estudios de validación (Winsley et al., 2005) y se han encontrado grandes errores de estimación en la cuantificación del tejido adiposo visceral, aunque la realidad es que mejora el poder de predicción de las medidas antropométricas. También se han explorado las medidas de grasa subcutánea y grasa inversa mediante PDA y comparándolas con RM, se ha encontrado que la PDA tiene una gran precisión y reproducibilidad (Ludwig et al., 2014).

### **Ultrasonido**

Es una técnica muy conveniente para la medición del tejido subcutáneo e intraabdominal. El tiempo de exploración requerido es muy bajo, pero su reproducibilidad y precisión, no es demasiado alta (Armellini et al., 1993; Bellisari, Roche, & Siervogel, 1993; Suzuki et al., 1993). Bellisari y cols (Bellisari et al., 1993) encontraron un alto coeficiente de variación (64%). Estos estudios han encontrado una buena correlación entre el ultrasonido y el tejido adiposo intraabdominal (Armellini et al., 1993; Bellisari et al., 1993; Suzuki et al., 1993). El ultrasonido permite medir los pliegues de grasa de la zona preperitoneal (desde línea alba, hasta la superficie del hígado y la grasa propiamente subcutánea. Este índice sería comparable al TAV/TAS (tejido adiposo visceral/tejido adiposo subcutáneo) obtenido por análisis de TC, estando este índice muy relacionado a alteraciones metabólicas (Armellini et al., 1993). Existen dentro de la cavidad abdominal otras mediciones como el grosor de la grasa mesentérica, el cual se relaciona en el hombre con el colesterol total, colesterol LDL, triglicéridos, glucosa, hemoglobina glicosilada y la presión arterial sistólica y en mujeres con la hemoglobina glicosilada y los triglicéridos. Una gran parte de las variaciones (30-65%) de estos parámetros son explicadas por la grasa mesentérica (Liu et al., 2003). Las mediciones por ultrasonido son un buen método para la estimación del tejido intraabdominal y un buen predictor de la vulnerabilidad cardiovascular (Von Schnurbein et al., 2011).

## Tomografía computerizada y Resonancia magnética

La tomografía computerizada y la resonancia magnética, son los métodos de referencia para la valoración cuantitativa de la grasa visceral (Seidell, Bakker, & van der Kooy, 1990; E. L. Thomas et al., 2010). Los distintos rangos de las unidades Hounsfield (HU) permiten descifrar los diferentes valores de los diversos tejidos. Las áreas transversales pueden ser medidas en cortes únicos o múltiples, basado en múltiples puntos de referencia, los cuales tienen fuertes asociaciones con el volumen graso (Bosy-Westphal et al., 2008; Seidell et al., 1990). Estas medidas de referencia, del volumen de grasa visceral, tienen a su vez buenas correlaciones con el IMC, mejores que con los cortes transversales tanto en hombres como en mujeres, por ello el IMC se consideraría un buen sustituto de las medidas de TAV. (Bosy-Westphal et al., 2008). Los cortes simples son muy utilizados por la menor radiación a la que someten al sujeto, pero son algo menos precisos que los análisis volumétricos derivados de cortes múltiples. Estas mismas consideraciones ocurren con el análisis de RM, pero hay que tener en cuenta su accesibilidad. Los datos obtenidos con cortes simples con TC y RM, tienen una alta correlación (entre 0,82-0,89), (Kobayashi, Tadokoro, Watanabe, & Shinomiya, 2002) y los trabajos de Shen, con cortes simples de RM, 5 cm por encima de L4-L5, muestran la mayor correlación con el tejido adiposo visceral (Shen et al., 2003). La mayor dificultad y limitación a tener en cuenta de las exploraciones realizadas con TC y RM, es la difícil aplicabilidad en obesos extremos, en relación al tamaño de las mesas de exploración.

## Bibliografía

- Ahmad, O., Ramamurthi, K., Wilson, K. E., Engelke, K., Prince, R. L., & Taylor, R. H. (2010). Volumetric DXA (VXA): A new method to extract 3D information from multiple in vivo DXA images. *Journal of Bone and Mineral Research*, 25(12), 2468–2475. doi:10.1002/jbmr.140
- Alberti, K. G. M. M., Zimmet, P., & Shaw, J. (2005). The metabolic syndrome - A new worldwide definition. *Lancet*. doi:10.1016/S0140-6736(05)67402-8
- Alberti, K. G. M. M., Zimmet, P., & Shaw, J. (2006). Metabolic syndrome--a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine: A Journal of the British Diabetic Association*, 23(5), 469–480. doi:10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x
- Allison, D. B., Paultre, F., Goran, M. I., Poehlman, E. T., & Heymsfield, S. B. (1995). Statistical considerations regarding the use of ratios to adjust data. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 19(9), 644–652.
- Alvero Cruz JR; AM de Diego Acosta; Fernández Pastor VJ; García Romero J. (2005). Métodos de evaluación de la Composición Corporal: Tendencias actuales II. *Arch Med Deporte*, (105), 45–9.
- Alvero-Cruz JR, Alvarez Carnero E, Fernández-García JC, Barrera Expósito J, Carrillo de Albornoz Gil M, S. L. (2010). Validity of body mass index and fat mass index as indicators of overweight status in Spanish adolescents: Esccola Study. *Med Clinica (Barc)*, 135(1), 8–14.
- Alvero-Cruz JR, Fernández-Vázquez R, Millán A, Fernández-García JC; Correas L, L. A. (2013). Abdominal bioimpedance device is a useful to detect fasting blood glucose impairment in middle-aged men. *Obes Facts*, (1), 220.
- An, P., Rice, T., Borecki, I. B., Perusse, L., Gagnon, J., Leon, A. S., ... Rao, D. C. (2000). Major gene effect on subcutaneous fat distribution in a sedentary population and its response to exercise training: The HERITAGE Family Study. *Am.J Human Biol.*, 12(1042-0533), 600–609. doi:10.1002/1520-6300(200009/10)12:5<600::AID-AJHB4>3.0.CO;2-J
- Armellini, F., Zamboni, M., Robbi, R., Todesco, T., Rigo, L., Bergamo-Andreis, I. A., & Bosello, O. (1993). Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized tomography. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 17(4), 209–214.
- Asayama, K., Hayashibe, H., Dobashi, K., Uchida, N., Kawada, Y., & Nakazawa, S. (1995). Relationships between biochemical abnormalities and anthropometric indices of overweight, adiposity and body fat distribution in Japanese elementary school

- children. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 19(4), 253–259.
- Ashwell M, Cole TJ, D. A. (1991). Ratio of waist circumference to height is strong predictor of intra-abdominal fat. *BMJ*, 313(36), 559–60.
- Austin, M. a. (1991). Plasma triglyceride and coronary heart disease. *Arteriosclerosis and Thrombosis: A Journal of Vascular Biology / American Heart Association*, 11(1), 2–14. doi:10.1161/01.ATV.11.1.2
- Balkau, B. (2008). Screening for diabetes. *Diabetes Care*, 31(5), 1084–1085. doi:10.2337/dc08-0439
- Ball SD, S. P. (2003). Accuracy of estimating intraabdominal fat in obese women. *J Exerc Physiol Online*, (6), 1–7.
- Barter, P. J., Nicholls, S., Rye, K. A., Anantharamaiah, G. M., Navab, M., & Fogelman, A. M. (2004). Antiinflammatory properties of HDL. *Circulation Research*. doi:10.1161/01.RES.0000146094.59640.13
- Basen-Engquist, K., & Chang, M. (2011). Obesity and cancer risk: Recent review and evidence. *Current Oncology Reports*. doi:10.1007/s11912-010-0139-7
- Bellisari, A., Roche, A. F., & Siervogel, R. M. (1993). Reliability of B-mode ultrasonic measurements of subcutaneous adipose tissue and intra-abdominal depth: comparisons with skinfold thicknesses. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 17(8), 475–480.
- Berg, A. H., & Scherer, P. E. (2005). Adipose tissue, inflammation, and cardiovascular disease. *Circulation Research*. doi:10.1161/01.RES.0000163635.62927.34
- Black, H. R. (2003). The burden of cardiovascular disease: following the link from hypertension to myocardial infarction and heart failure. *American Journal of Hypertension*, 16(9 Pt 2), 4S–6S. doi:10.1016/S0895-7061(03)00969-5
- Boesch, C., Slotboom, J., Hoppeler, H., & Kreis, R. (1997). In vivo determination of intramyocellular lipids in human muscle by means of localized <sup>1</sup>H-MR-spectroscopy. *Magnetic Resonance in Medicine*, 37(4), 484–493. doi:10.1002/mrm.1910370403
- Bosy-Westphal, A., Later, W., Hitze, B., Sato, T., Kossel, E., Glüer, C. C., ... Müller, M. J. (2008). Accuracy of bioelectrical impedance consumer devices for measurement of body composition in comparison to whole body magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry. *Obesity Facts*, 1(6), 319–324. doi:10.1159/000176061
- Boyko, E. J., Fujimoto, W. Y., Leonetti, D. L., & Newell-Morris, L. (2000). Visceral adiposity and risk of type 2 diabetes: a prospective study among Japanese Americans. *Diabetes Care*, 23(4), 465–471. doi:10.2337/diacare.23.4.465
- Brambilla, P., Manzoni, P., Sironi, S., Simone, P., Del Maschio, A., di Natale, B., & Chiumello, G. (1994). Peripheral and abdominal adiposity in childhood obesity.

*International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 18(12), 795–800.

- Busetto, L. (2001). Visceral obesity and the metabolic syndrome: effects of weight loss. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 11(3), 195–204.
- Busetto, L., Baggio, M. B., Zurlo, F., Carraro, R., Digito, M., & Enzi, G. (1992). Assessment of abdominal fat distribution in obese patients: anthropometry versus computerized tomography. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 16(10), 731–736.
- Cacciari, E., Milani, S., Balsamo, A., Spada, E., Bona, G., Cavallo, L., ... Cicognani, A. (2006). Italian cross-sectional growth charts for height, weight and BMI (2 to 20 yr). *Journal of Endocrinological Investigation*, 29(7), 581–593. doi:10.1038/sj.ejcn.1601314
- Caprio, S., Hyman, L. D., Limb, C., McCarthy, S., Lange, R., Sherwin, R. S., ... Tamborlane, W. V. (1995). Central adiposity and its metabolic correlates in obese adolescent girls. *The American Journal of Physiology*, 269(1 Pt 1), E118–E126.
- Caprio, S., Hyman, L. D., McCarthy, S., Lange, R., Bronson, M., & Tamborlane, W. V. (1996). Fat distribution and cardiovascular risk factors in obese adolescent girls: Importance of the intraabdominal fat depot. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(1), 12–17.
- Chang, C.-J., Wu, C.-H., Yao, W.-J., Yang, Y.-C., Wu, J.-S., & Lu, F.-H. (2000). Relationships of age, menopause and central obesity on cardiovascular disease risk factors in Chinese women. *International Journal of Obesity*. doi:10.1038/sj.ijo.0801457
- Davi, G., Guagnano, M. T., Ciabattini, G., Basili, S., Falco, A., Marinopiccoli, M., ... Patrono, C. (2002). Platelet activation in obese women: role of inflammation and oxidant stress. *JAMA*, 288(16), 2008–2014. doi:10.1001/jama.288.16.2008 [pii]
- Després, J., Cartier, A., Côté, M., & Arsenault, B. J. (2008). The concept of cardiometabolic risk: Bridging the fields of diabetology and cardiology. *Annals of Medicine*, 40(7), 514–523. doi:10.1080/07853890802004959
- Després, J. P., Lemieux, I., & Prud'homme, D. (2001). Treatment of obesity: need to focus on high risk abdominally obese patients. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 322(7288), 716–720. doi:10.1136/bmj.322.7288.716
- Despres, J. P., Moorjani, S., Lupien, P. J., Tremblay, A., Nadeau, A., & Bouchard, C. (1990). Regional distribution of body fat, plasma lipoproteins, and cardiovascular disease. *Arteriosclerosis*. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=2196040](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=2196040)
- Després, J.-P. (2006). Is visceral obesity the cause of the metabolic syndrome? *Annals of Medicine*, 38(1), 52–63. doi:10.1080/07853890500383895
- Després, J.-P., Després, J.-P., Lemieux, I., & Lemieux, I. (2006). Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*, 444(7121), 881–7. doi:10.1038/nature05488

- Després, J.-P., Lemieux, I., Bergeron, J., Pibarot, P., Mathieu, P., Larose, E., ... Poirier, P. (2008). Abdominal obesity and the metabolic syndrome: contribution to global cardiometabolic risk. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 28(6), 1039–1049. doi:10.1161/ATVBAHA.107.159228
- Despres, J.-P., Poirier, P., Bergeron, J., Tremblay, A., Lemieux, I., & Almeras, N. (2008). From individual risk factors and the metabolic syndrome to global cardiometabolic risk. *EUROPEAN HEART JOURNAL SUPPLEMENTS*, 10(B), B24–B33. doi:10.1093/eurheartj/sum041
- Direk, K., Cecelja, M., Astle, W., Chowienczyk, P., Spector, T. D., Falchi, M., & Andrew, T. (2013). The relationship between DXA-based and anthropometric measures of visceral fat and morbidity in women. *BMC Cardiovascular Disorders*, 13, 25. doi:10.1186/1471-2261-13-25
- Dwyer, T., & Blizzard, C. L. (1996). Defining obesity in children by biological endpoint rather than population distribution. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 20(5), 472–480.
- Eckel, R. H., Alberti, K. G. M. M., Grundy, S. M., & Zimmet, P. Z. (2010). The metabolic syndrome. *Lancet*, 375(9710), 181–183. doi:10.1016/S0140-6736(09)61794-3
- Eckel, R. H., & Krauss, R. M. (1998). American Heart Association Call to Action: Obesity as a Major Risk Factor for Coronary Heart Disease. *Circulation*, 97(21), 2099–2100. doi:10.1161/01.CIR.97.21.2099
- Ellis, K. J. (2001). Selected body composition methods can be used in field studies. *The Journal of Nutrition*, 131(5), 1589S–95S.
- Evans, E. M., Van Pelt, R. E., Binder, E. F., Williams, D. B., Ehsani, A. A., & Kohrt, W. M. (2001). *Effects of HRT and exercise training on insulin action, glucose tolerance, and body composition in older women. Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985) (Vol. 90).*
- Fernández-Vázquez R, Alvero-Cruz JR, Millán A, Fernández-García JC, C. E. (2013). Abdominal bioimpedance device is a useful to detect pre-hypertension in middle-aged. *Obes Facts*, (1), 215.
- Flodmark, C. E., Sveger, T., & Nilsson-Ehle, P. (1994). Waist measurement correlates to a potentially atherogenic lipoprotein profile in obese 12-14-year-old children. *Acta Paediatrica*, 83(9), 941–945. doi:10.1111/j.1651-2227.1994.tb13177.x
- Folsom, A. R., Kushi, L. H., Anderson, K. E., Mink, P. J., Olson, J. E., Hong, C. P., ... Prineas, R. J. (2000). Associations of general and abdominal obesity with multiple health outcomes in older women: the Iowa Women's Health Study. *Archives of Internal Medicine*, 160(14), 2117–2128. doi:10.1001/archinte.160.14.2117
- Forrester, J. S., & Shah, P. K. (2006). Emerging strategies for increasing high-density lipoprotein. *The American Journal of Cardiology*, 98(11), 1542–1549. doi:10.1016/j.amjcard.2006.06.059

- Fox, C. S., Massaro, J. M., Hoffmann, U., Pou, K. M., Maurovich-Horvat, P., Liu, C. Y., ... O'Donnell, C. J. (2007). Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: Association with metabolic risk factors in the framingham heart study. *Circulation*, *116*(1), 39–48. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675355
- Fujioka, S., Matsuzawa, Y., Tokunaga, K., & Tarui, S. (1987). Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism: Clinical and Experimental*, *36*(1), 54–59. doi:10.1016/0026-0495(87)90063-1
- Galassi, A., Reynolds, K., & He, J. (2006). Metabolic syndrome and risk of cardiovascular disease: a meta-analysis. *The American Journal of Medicine*, *119*(10), 812–819. doi:10.1016/j.amjmed.2006.02.031
- Gallagher, D., Shaheen, I., & Zafar, K. (2008). State-of-the-art measurements in human body composition: A moving frontier of clinical importance. *International Journal of Body Composition Research*, *6*(4), 141–148. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3018751&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Gami, A. S., Witt, B. J., Howard, D. E., Erwin, P. J., Gami, L. A., Somers, V. K., & Montori, V. M. (2007). Metabolic Syndrome and Risk of Incident Cardiovascular Events and Death. A Systematic Review and Meta-Analysis of Longitudinal Studies. *Journal of the American College of Cardiology*, *49*(4), 403–414. doi:10.1016/j.jacc.2006.09.032
- Goodpaster, B. H. (2002). Measuring body fat distribution and content in humans. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, *5*(5), 481–487. doi:10.1097/00075197-200209000-00005
- Goodpaster, B. H., Kelley, D. E., Thaete, F. L., He, J., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *89*(1), 104–110.
- Goran, M. I., Bergman, R. N., & Gower, B. A. (2001). Influence of total vs. visceral fat on insulin action and secretion in African American and white children. *Obesity Research*, *9*(8), 423–431. doi:10.1038/oby.2001.56
- Goran, M. I., Nagy, T. R., Treuth, M. S., Trowbridge, C., Dezenberg, C., McGloin, A., & Gower, B. A. (1997). Visceral fat in white and African American prepubertal children. *American Journal of Clinical Nutrition*, *65*(6), 1703–1708.
- Goran MI, M. R. (1999). Fat distribution during childhood and adolescence: Implications for later health outcomes. *Am J Hum Biol*, *11*(2), 187–8.
- Grundy, S. M., Cleeman, J. I., Daniels, S. R., Donato, K. A., Eckel, R. H., Franklin, B. A., ... Costa, F. (2005). Diagnosis and management of the metabolic syndrome: An American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute scientific statement. *Circulation*. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.105.169404



- Gustafson, B. (2010). Adipose tissue, inflammation and atherosclerosis. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 17(4), 332–341. doi:10.5551/jat.3939
- Hall, J. E. (2003). The kidney, hypertension, and obesity. In *Hypertension* (Vol. 41, pp. 625–633). doi:10.1161/01.HYP.0000052314.95497.78
- Hayashi, T., Boyko, E. J., Leonetti, D. L., McNeely, M. J., Newell-Morris, L., Kahn, S. E., & Fujimoto, W. Y. (2003). Visceral adiposity and the prevalence of hypertension in Japanese Americans. *Circulation*, 108(14), 1718–1723. doi:10.1161/01.CIR.0000087597.59169.8D
- Herd, S. L., Gower, B. A., Dashti, N., & Goran, M. I. (2001). Body fat, fat distribution and serum lipids, lipoproteins and apolipoproteins in African-American and Caucasian-American prepubertal children. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 25(2), 198–204. doi:10.1038/sj.ijo.0801524
- Higgins, P. B., Gower, B. A., Hunter, G. R., & Goran, M. I. (2001). Defining health-related obesity in prepubertal children. *Obesity Research*, 9(4), 233–240. doi:10.1038/oby.2001.27
- Hotamisligil, G. S. (1999). The role of TNF $\alpha$  and TNF receptors in obesity and insulin resistance. *Journal of Internal Medicine*, 245(6), 621–625. doi:10.1046/j.1365-2796.1999.00490.x
- Hotamisligil, G. S., Shargill, N. S., & Spiegelman, B. M. (1993). Adipose expression of tumor necrosis factor- $\alpha$ : direct role in obesity-linked insulin resistance. *Science*, 259(5091), 87–91. doi:10.1126/science.7678183
- Huang, T. T., Johnson, M. S., Gower, B. A., & Goran, M. I. (2002). Effect of changes in fat distribution on the rates of change of insulin response in children. *Obes Res*, 10(10), 978–984. doi:10.1038/oby.2002.133
- Hunter, G. R., Kekes-Szabo, T., Snyder, S. W., Nicholson, C., Nyikos, I., & Berland, L. (1997). Fat distribution, physical activity, and cardiovascular risk factors. *Med Sci Sports Exerc*, 29(3), 362–369. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=9139175](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=9139175)
- Jensen, M. D., Kanaley, J. A., Reed, J. E., & Sheedy, P. F. (1995). Measurement of abdominal and visceral fat with computed tomography and dual-energy x-ray absorptiometry. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(2), 274–278.
- Kamei, N., Tobe, K., Suzuki, R., Ohsugi, M., Watanabe, T., Kubota, N., ... Kadowaki, T. (2006). Overexpression of monocyte chemoattractant protein-1 in adipose tissues causes macrophage recruitment and insulin resistance. *Journal of Biological Chemistry*, 281(36), 26602–26614. doi:10.1074/jbc.M601284200
- Kanaley, J. a, Sames, C., Swisher, L., Swick, a G., Ploutz-Snyder, L. L., Stepan, C. M., ... Weinstock, R. S. (2001). Abdominal fat distribution in pre- and postmenopausal

- women: The impact of physical activity, age, and menopausal status. *Metabolism*, 50(8), 976–982. doi:10.1053/meta.2001.24931
- Kang, H. W., Kim, D., Kim, H. J., Kim, C. H., Kim, Y. S., Park, M. J., ... Song, I. S. (2010). Visceral obesity and insulin resistance as risk factors for colorectal adenoma: a cross-sectional, case-control study. *The American Journal of Gastroenterology*, 105(1), 178–187. doi:10.1038/ajg.2009.541
- Karelis, A. D., St-Pierre, D. H., Conus, F., Rabasa-Lhoret, R., & Poehlman, E. T. (2004). Metabolic and body composition factors in subgroups of obesity: What do we know? In *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* (Vol. 89, pp. 2569–2575). doi:10.1210/jc.2004-0165
- Karlberg, J., Luo, Z. C., & Albertsson-Wikland, K. (2001). Body mass index reference values (mean and SD) for Swedish children. *Acta Paediatrica*, 90(12), 1427–1434. doi:10.1080/08035250152708851
- Karter, A. J., D'Agostino, R. B., Mayer-Davis, E. J., Wagenknecht, L. E., Hanley, A. J. G., Hamman, R. F., ... Haffner, S. M. (2005). Abdominal obesity predicts declining insulin sensitivity in non-obese normoglycaemics: The Insulin Resistance Atherosclerosis Study (IRAS). *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 7(3), 230–238. doi:10.1111/j.1463-1326.2004.00441.x
- Kelley, D. E., Goodpaster, B. H., & Storlien, L. (2002). Muscle triglyceride and insulin resistance. *Annual Review of Nutrition*, 22, 325–346. doi:10.1146/annurev.nutr.22.010402.102912
- Kelley, D. E., Thaete, F. L., Troost, F., Huwe, T., & Goodpaster, B. H. (2000). Subdivisions of subcutaneous abdominal adipose tissue and insulin resistance. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 278(5), E941–E948.
- Kim, J. A., Montagnani, M., Kwang, K. K., & Quon, M. J. (2006). Reciprocal relationships between insulin resistance and endothelial dysfunction: Molecular and pathophysiological mechanisms. *Circulation*. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.105.563213
- Kissebah AH, K. G. (1994a). Regional adiposity and morbidity. *Physiol Rev*, 74, 761–811.
- Kissebah AH, K. G. (1994b). Regional adiposity and morbidity. *Physiol Rev*, 74(4), 761–811.
- Kobayashi, J., Tadokoro, N., Watanabe, M., & Shinomiya, M. (2002). A novel method of measuring intra-abdominal fat volume using helical computed tomography. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 26(3), 398–402. doi:10.1038/sj.ijo.0801921
- Krotkiewski, M., Bjorntorp, P., Sjostrom, L., & Smith, U. (1983). Impact of obesity on metabolism in men and women. Importance of regional adipose tissue distribution. *Journal of Clinical Investigation*, 72(3), 1150–1162. doi:10.1172/JCI111040
- Kubota, T., Kubota, N., Kumagai, H., Yamaguchi, S., Kozono, H., Takahashi, T., ... Kadowaki, T. (2011). Impaired insulin signaling in endothelial cells reduces insulin-

- induced glucose uptake by skeletal muscle. *Cell Metabolism*, 13(3), 294–307. doi:10.1016/j.cmet.2011.01.018
- Kuczmarski RJ, F. K. (2000). Criteria for definition of overweight in transition: background and recommendations for the United Stat. *Am J Clin Nutr*, 72(5), 1074–81.
- Kullberg, J., Von Below, C., Lönn, L., Lind, L., Ahlström, H., & Johansson, L. (2007). Practical approach for estimation of subcutaneous and visceral adipose tissue. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 27(3), 148–153. doi:10.1111/j.1475-097X.2007.00728.x
- Kvist, H., Chowdhury, B., Grangard, U., Tylen, U., & Sjostrom, L. (1988). Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: Predictive equations. *American Journal of Clinical Nutrition*, 48(6), 1351–1361.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gómez, J., ... Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 23(6), 1430–1453. doi:10.1016/j.clnu.2004.09.012
- Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., Karsegard, L., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2001). Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *European Journal of Clinical Nutrition*, 55(8), 663–672. doi:10.1038/sj.ejcn.1601198
- Lamarche, B., Lemieux, I., & Despres, J. P. (1999). The small, dense LDL phenotype and the risk of coronary heart disease: epidemiology, patho-physiology and therapeutic aspects. *Diabetes Metab*, 25(3), 199–211. doi:MDOI-DM-08-1999-25-3-1262-3636-101019-ART69 [pii]
- Lamarche, B., Lemieux, S., Dagenais, G. R., & Després, J. P. (1998). Visceral obesity and the risk of ischaemic heart disease: insights from the Québec Cardiovascular Study. *Growth Hormone & IGF Research : Official Journal of the Growth Hormone Research Society and the International IGF Research Society*, 8 Suppl B, 1–8.
- Lamarche, B., Tchernof, A., Mauriege, P., Cantin, B., Dagenais, G. R., Lupien, P. J., & Despres, J. P. (1998). Fasting insulin and apolipoprotein B levels and low-density lipoprotein particle size as risk factors for ischemic heart disease. *JAMA-JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION*, 279(24), 1955–1961. doi:10.1001/jama.279.24.1955
- Lanska, D. J., Lanska, M. J., Hartz, A. J., & Rimm, A. A. (1985). Factors influencing anatomic location of fat tissue in 52,953 women. *International Journal of Obesity*, 9(1), 29–38.
- Lapidus, L., Bengtsson, C., Hällström, T., & Björntorp, P. (1989). Obesity, adipose tissue distribution and health in women--results from a population study in Gothenburg, Sweden. *Appetite*, 13(1), 25–35. doi:10.1016/0195-6663(89)90024-X
- Larsson, S. C., & Wolk, A. (2007). Obesity and colon and rectal cancer risk: a meta-analysis of prospective studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86(3), 556–565.

- Lee, C. H., Olson, P., & Evans, R. M. (2003). Minireview: lipid metabolism, metabolic diseases, and peroxisome proliferator-activated receptors. *Endocrinology*, *144*(6), 2201–2207. doi:10.1210/en.2003-0288
- Libby, P. (2012). Inflammation in atherosclerosis. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *32*(9), 2045–2051. doi:10.1161/ATVBAHA.108.179705
- Libby, P., Ridker, P. M., & Hansson, G. K. (2011). Progress and challenges in translating the biology of atherosclerosis. *Nature*, *473*(7347), 317–325. doi:10.1038/nature10146
- Liu, K. H., Chan, Y. L., Chan, W. B., Kong, W. L., Kong, M. O., & Chan, J. C. N. (2003). Sonographic measurement of mesenteric fat thickness is a good correlate with cardiovascular risk factors: comparison with subcutaneous and preperitoneal fat thickness, magnetic resonance imaging and anthropometric indexes. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*, *27*(10), 1267–1273. doi:10.1038/sj.ijo.0802398
- Ludwig, U. A., Klausmann, F., Baumann, S., Honal, M., Hövener, J. B., König, D., ... Büchert, M. (2014). Whole-body MRI-based fat quantification: A comparison to air displacement plethysmography. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. doi:10.1002/jmri.24509
- Maffeis, C., Pietrobelli, A., Grezzani, A., Provera, S., & Tatò, L. (2001). Waist circumference and cardiovascular risk factors in prepubertal children. *Obesity Research*, *9*(3), 179–187. doi:10.1038/oby.2001.19
- Marcuello, C., Calle-Pascual, A. L., Fuentes, M., Runkle, I., Rubio, M. A., Montañez, C., ... Vendrell, J. (2013). Prevalence of the metabolic syndrome in Spain using regional cutoff points for waist circumference: The di@bet.es study. *Acta Diabetologica*, *50*(4), 615–623. doi:10.1007/s00592-013-0468-8
- Mårin, P., Holmäng, S., Gustafsson, C., Jönsson, L., Kvist, H., Elander, A., ... Björntorp, P. (1993). Androgen treatment of abdominally obese men. *Obesity Research*, *1*(4), 245–251.
- Mathieu, P. (2008). Abdominal obesity and the metabolic syndrome: A surgeon's perspective. In *Canadian Journal of Cardiology* (Vol. 24). doi:10.1016/S0828-282X(08)71045-6
- Maynard, L. M., Wisemandle, W., Roche, A. F., Chumlea, W. C., Guo, S. S., & Siervogel, R. M. (2001). Childhood body composition in relation to body mass index. *Pediatrics*, *107*(2), 344–350. doi:10.1542/peds.107.2.344
- Misra, A., Garg, A., Abate, N., Peshock, R. M., Stray-Gundersen, J., & Grundy, S. M. (1997). Relationship of anterior and posterior subcutaneous abdominal fat to insulin sensitivity in nondiabetic men. *Obesity Research*, *5*(2), 93–99.
- Mokdad, A. H., Ford, E. S., Bowman, B. A., Dietz, W. H., Vinicor, F., Bales, V. S., & Marks, J. S. (2003). Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related health risk factors, 2001. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, *289*(1), 76–79. doi:10.1001/jama.289.1.76.

- Molarius, A., & Seidell, J. C. (1998). Selection of anthropometric indicators for classification of abdominal fatness--a critical review. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 22(8), 719–727. doi:10.1038/sj.ijo.0800660
- Mottillo, S., Filion, K. B., Genest, J., Joseph, L., Pilote, L., Poirier, P., ... Eisenberg, M. J. (2010). The metabolic syndrome and cardiovascular risk: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*. doi:10.1016/j.jacc.2010.05.034
- Nagai, M., Komiya, H., Mori, Y., Ohta, T., Kasahara, Y., & Ikeda, Y. (2008). Development of a new method for estimating visceral fat area with multi-frequency bioelectrical impedance. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 214(2), 105–112. doi:JST.JSTAGE/tjem/214.105 [pii]
- Nagase, M., Yoshida, S., Shibata, S., Nagase, T., Gotoda, T., Ando, K., & Fujita, T. (2006). Enhanced aldosterone signaling in the early nephropathy of rats with metabolic syndrome: possible contribution of fat-derived factors. *Journal of the American Society of Nephrology: JASN*, 17(12), 3438–3446. doi:10.1681/ASN.2006080944
- National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel. (2002). *Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III)*. *Archives of Internal Medicine*. doi:10.1001/archinte.1991.00400060019005
- National Heart Lung and Blood Institute, & National Institutes of Health (NIH) National Heart, Lung, and Blood Institute, N. (1998). *Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. The Evidence Report, NIH Publication No. 98-4083*. *Archives of Internal Medicine* (Vol. 158). doi:10.1001/jama.2012.39
- Nitori, N., Hasegawa, H., Ishii, Y., Endo, T., & Kitagawa, Y. (2009). *Impact of visceral obesity on short-term outcome after laparoscopic surgery for colorectal cancer: a single Japanese center study. Surgical laparoscopy, endoscopy & percutaneous techniques* (Vol. 19). doi:10.1097/SLE.0b013e3181ae5442
- Ogden, C. L., Flegal, K. M., Carroll, M. D., & Johnson, C. L. (2002). Prevalence and trends in overweight among US children and adolescents, 1999-2000. *JAMA*, 288(14), 1728–1732. doi:joc21462 [pii]
- Oh, T.-H., Byeon, J.-S., Myung, S.-J., Yang, S.-K., Choi, K.-S., Chung, J.-W., ... Kim, J.-H. (2008). Visceral obesity as a risk factor for colorectal neoplasm. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 23(3), 411–417. doi:10.1111/j.1440-1746.2007.05125.x
- Ohrvall, M., Berglund, L., & Vessby, B. (2000). Sagittal abdominal diameter compared with other anthropometric measurements in relation to cardiovascular risk. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 24(4), 497–501. doi:10.1038/sj.ijo.0801186
- Onat, A., Avci, G. S., Barlan, M. M., Uyarel, H., Uzunlar, B., & Sansoy, V. (2004). Measures of abdominal obesity assessed for visceral adiposity and relation to coronary risk.

*International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 28(8), 1018–1025. doi:10.1038/sj.ijo.0802695

Pascot, A., Lemieux, I., Bergeron, J., Tremblay, A., Nadeau, A., Prud'homme, D., ... Després, J. P. (2002). HDL particle size: A marker of the gender difference in the metabolic risk profile. *Atherosclerosis*, 160(2), 399–406. doi:10.1016/S0021-9150(01)00579-2

Pascot, A., Lemieux, I., Prud'homme, D., Tremblay, A., Nadeau, A., Couillard, C., ... Després, J. P. (2001). Reduced HDL particle size as an additional feature of the atherogenic dyslipidemia of abdominal obesity. *Journal of Lipid Research*, 42(12), 2007–2014.

Pascot, A., Lemieux, S., Lemieux, I., Prud'homme, D., Tremblay, A., Bouchard, C., ... Després, J. P. (1999). Age-related increase in visceral adipose tissue and body fat and the metabolic risk profile of premenopausal women. *Diabetes care* (Vol. 22). doi:10.2337/diacare.22.9.1471

Peppard, P. E., Young, T., Palta, M., Dempsey, J., & Skatrud, J. (2000). Longitudinal study of moderate weight change and sleep-disordered breathing. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 284(23), 3015–3021. doi:10.1001/jama.284.23.3015

Pietiläinen, K. H., Kaye, S., Karmi, A., Suojanen, L., Rissanen, A., & Virtanen, K. A. (2012). Agreement of bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry and MRI to estimate changes in body fat, skeletal muscle and visceral fat during a 12-month weight loss intervention. *British Journal of Nutrition*. doi:10.1017/S0007114512003698

Poirier, P., Lemieux, I., Mauriège, P., Dewailly, E., Blanchet, C., Bergeron, J., & Després, J. P. (2005). Impact of waist circumference on the relationship between blood pressure and insulin: The Quebec health survey. *Hypertension*, 45(3), 363–367. doi:10.1161/01.HYP.0000155463.90018.dc

Pouliot, M. C., Després, J. P., Lemieux, S., Moorjani, S., Bouchard, C., Tremblay, A., ... Lupien, P. J. (1994). Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *The American Journal of Cardiology*, 73(7), 460–468. doi:10.1016/0002-9149(94)90676-9

Reaven, G. M. (1988). Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes*. doi:10.2337/diab.37.12.1595

Reaven, G. M. (1995). Pathophysiology of insulin resistance in human disease. *Physiological Reviews*, 75(3), 473–486.

Renehan, A. G., Tyson, M., Egger, M., Heller, R. F., & Zwahlen, M. (2008). Body-mass index and incidence of cancer: a systematic review and meta-analysis of prospective observational studies. *Lancet*, 371, 569–578. doi:S0140-6736(08)60269-X [pii]\r10.1016/S0140-6736(08)60269-X

- Resta, O., Foschino-Barbaro, M. P., Legari, G., Talamo, S., Bonfitto, P., Palumbo, A., ... De Pergola, G. (2001). Sleep-related breathing disorders, loud snoring and excessive daytime sleepiness in obese subjects. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 25(5), 669–675. doi:10.1038/sj.ijo.0801603
- Reynolds, J. V., Donohoe, C. L., & Doyle, S. L. (2011). Diet, obesity and cancer. *Irish Journal of Medical Science*. doi:10.1007/s11845-010-0653-5
- Ritchie, S. A., & Connell, J. M. C. (2007). The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 17(4), 319–326. doi:10.1016/j.numecd.2006.07.005
- Rizzo, M., & Berneis, K. (2007). Small, dense low-density-lipoproteins and the metabolic syndrome. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. doi:10.1002/dmrr.694
- Rockall, A. G., Sohaib, S. A., Evans, D., Kaltsas, G., Isidori, A. M., Monson, J. P., ... Reznick, R. H. (2003). *Computed tomography assessment of fat distribution in male and female patients with Cushing's syndrome*. *European journal of endocrinology / European Federation of Endocrine Societies* (Vol. 149).
- Rodrigues de Oliveira Penaforte, F., Cremonezi Japur, C., Díez-García, R. W., Salles Macedo, C., & García Chiarello, P. (2012). The use of body circumferences for the prediction of intra-abdominal fat in obese women with polycystic ovary syndrome. *Nutr Hosp*, 27(5), 1662–1666. doi:10.3305/nh.2012.27.5.5933
- Rose, D. P., Haffner, S. M., & Baillargeon, J. (2007). Adiposity, the metabolic syndrome, and breast cancer in African-American and white American women. *Endocrine Reviews*. doi:10.1210/er.2006-0019
- Sardinha, L. B., Teixeira, P. J., Guedes, D. P., Goings, S. B., & Lohman, T. G. (2000). Subcutaneous central fat is associated with cardiovascular risk factors in men independently of total fatness and fitness. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 49(11), 1379–1385. doi:10.1053/meta.2000.7716
- Sarhill, N., Walsh, D., Nelson, K., Homsy, J., & Komurcu, S. Bioelectrical impedance, cancer nutritional assessment, and ascites., 8 Supportive care in cancer : official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer 341–343 (2000). doi:10.1007/s005209900104
- Schäffler, A., Müller-Ladner, U., Schölmerich, J., & Büchler, C. (2006). Role of adipose tissue as an inflammatory organ in human diseases. *Endocrine Reviews*. doi:10.1210/er.2005-0022
- Schapira, D. V., Clark, R. A., Wolff, P. A., Jarrett, A. R., Kumar, N. B., & Aziz, N. M. (1994). Visceral obesity and breast cancer risk. *Cancer*, 74(2), 632–639. doi:10.1002/1097-0142(19940715)74:2<632::AID-CNCR2820740215>3.0.CO;2-T
- Scherer, P. E. (2006). Adipose tissue: From lipid storage compartment to endocrine organ. In *Diabetes* (Vol. 55, pp. 1537–1545). doi:10.2337/db06-0263

- Schutz, Y., Kyle, U. U. G., & Pichard, C. (2002). Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 26(7), 953–960. doi:10.1038/sj.ijo.0802037
- Seidell, J. C., Bakker, C. J., & van der Kooy, K. (1990). Imaging techniques for measuring adipose-tissue distribution--a comparison between computed tomography and 1.5-T magnetic resonance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(6), 953–957.
- Seidell, J. C., & Bouchard, C. (1997). Visceral fat in relation to health: is it a major culprit or simply an innocent bystander? *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 21(8), 626–631. doi:10.1038/sj.ijo.0800545
- Seidell, J. C., Oosterlee, A., Deurenberg, P., Hautvast, J. G., & Ruijs, J. H. (1988). Abdominal fat depots measured with computed tomography: effects of degree of obesity, sex, and age. *European Journal of Clinical Nutrition*, 42(9), 805–815.
- Shen, W., Wang, Z., Punyanita, M., Lei, J., Sinav, A., Kral, J. G., ... Heymsfield, S. B. (2003). Adipose tissue quantification by imaging methods: a proposed classification. *Obesity Research*, 11(1), 5–16. doi:10.1038/oby.2003.3
- Shi, H., Strader, A. D., Woods, S. C., & Seeley, R. J. (2007). Sexually dimorphic responses to fat loss after caloric restriction or surgical lipectomy. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 293(1), E316–E326. doi:10.1152/ajpendo.00710.2006
- Shimabukuro, M. (2009). Cardiac adiposity and global cardiometabolic risk: new concept and clinical implication. *Circulation Journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society*, 73(1), 27–34. doi:10.1253/circj.CJ-08-1012
- Shoji, K., Maeda, K., Nakamura, T., Funahashi, T., Matsuzawa, Y., & Shimomura, I. (2008). Measurement of visceral fat by abdominal bioelectrical impedance analysis is beneficial in medical checkup. *Obesity Research and Clinical Practice*, 2(4), 269–275. doi:10.1016/j.orcp.2008.09.001
- Spiegel, K., Tasali, E., Penev, P., & Van Cauter, E. (2004). Brief communication: Sleep curtailment in healthy young men is associated with decreased leptin levels, elevated ghrelin levels, and increased hunger and appetite. *Annals of Internal Medicine*, 141(11), 846–850. doi:10.1016/S0084-3741(08)70348-2
- Stamler, R., Stamler, J., Riedlinger, W. F., Algera, G., & Roberts, R. H. (1978). Weight and blood pressure. Findings in hypertension screening of 1 million Americans. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 240(15), 1607–1610. doi:10.1001/jama.240.15.1607
- Stefan, N., Kantartzis, K., Machann, J., Schick, F., Thamer, C., Rittig, K., ... Häring, H.-U. (2008). Identification and characterization of metabolically benign obesity in humans. *Archives of Internal Medicine*, 168(15), 1609–1616. doi:10.1097/01.ogx.0000340775.89112.ae



- Strong, A. L., Strong, T. a, Rhodes, L. V, Semon, J. a, Zhang, X., Shi, Z., ... Bunnell, B. a. (2013). Obesity associated alterations in the biology of adipose stem cells mediate enhanced tumorigenesis by estrogen dependent pathways. *Breast Cancer Research : BCR*, 15(5), R102. doi:10.1186/bcr3569
- Suzuki, R., Watanabe, S., Hirai, Y., Akiyama, K., Nishide, T., Matsushima, Y., ... Shirai, K. (1993). Abdominal wall fat index, estimated by ultrasonography, for assessment of the ratio of visceral fat to subcutaneous fat in the abdomen. *The American Journal of Medicine*, 95(3), 309–314. doi:10.1016/0002-9343(93)90284-V
- Svendsen, O. L., Haarbo, J., Hassager, C., & Christiansen, C. (1993). Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57(5), 605–608.
- Taskinen, M.-R. (2005). Type 2 diabetes as a lipid disorder. *Current Molecular Medicine*, 5(3), 297–308. doi:10.2174/1566524053766086
- Tchernof, A., & Després, J.-P. (2013). Pathophysiology of human visceral obesity: an update. *Physiological Reviews*, 93(1), 359–404. doi:10.1152/physrev.00033.2011
- Teixeira, P. J., Sardinha, L. B., Going, S. B., & Lohman, T. G. (2001). Total and regional fat and serum cardiovascular disease risk factors in lean and obese children and adolescents. *Obesity Research*, 9(8), 432–442. doi:10.1038/oby.2001.57
- Thomas, E. L., Collins, A. L., McCarthy, J., Fitzpatrick, J., Durighel, G., Goldstone, A. P., & Bell, J. D. (2010). Estimation of abdominal fat compartments by bioelectrical impedance: the validity of the ViScan measurement system in comparison with MRI. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(5), 525–533. doi:10.1038/ejcn.2010.237
- Thomas, G. N., Critchley, J. A. J. H., Tomlinson, B., Anderson, P. J., Lee, Z. S. K., & Chan, J. C. N. (2000). Obesity, independent of insulin resistance, is a major determinant of blood pressure in normoglycemic Hong Kong Chinese. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 49(12), 1523–1528. doi:10.1053/meta.2000.18512
- Todd Miller, M., Lavie, C. J., & White, C. J. (2008). Impact of obesity on the pathogenesis and prognosis of coronary heart disease. *Journal of the Cardiometabolic Syndrome*. doi:10.1111/j.1559-4572.2008.00004.x
- Tsang, T. W., Briody, J., Kohn, M., Chow, C. M., & Singh, M. F. (2009). Abdominal fat assessment in adolescents using dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism : JPEM*, 22(9), 781–794.
- Turcato E, Bosello O, Di Francesco V, Harris TB, Zoico E, Bissoli L, Fracassi E, Z. M. (2000). Waist circumference and abdominal sagittal diameter as surrogates of body fat distribution in the elderly: their relation with cardiovascular risk factors. *Int J Obes Relat Metab Disord.*, 24(8), 1005–10.
- Van der Kooy K, Leenen R, Seidell JC, Deurenberg P, V. M. (1993). Abdominal diameters as indicators of visceral fat: comparison between magnetic resonance imaging and anthropometry. *Br J Nutr*, 71(1), 47–58.

- VanItallie, T. B., Yang, M. U., Heymsfield, S. B., Funk, R. C., & Boileau, R. A. (1990). Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: Potentially useful indicators of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, 52(6), 953–959.
- Velludo, C. M. O., Kamimura, M. A., Sanches, F. M. R., Lemos, M. M., Canziani, M. E. F., Pupim, L. B., ... Cuppari, L. (2010). Prospective evaluation of waist circumference and visceral adipose tissue in patients with chronic kidney disease. *American Journal of Nephrology*, 31(2), 104–109. doi:10.1159/000259896
- Vergès, B. (2010). Abnormal hepatic apolipoprotein B metabolism in type 2 diabetes. *Atherosclerosis*. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2010.01.028
- Visscher, T. L., Seidell, J. C., Molarius, A., van der Kuip, D., Hofman, A., & Witteman, J. C. (2001). A comparison of body mass index, waist-hip ratio and waist circumference as predictors of all-cause mortality among the elderly: the Rotterdam study. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 25(11), 1730–1735. doi:10.1038/sj.ijo.0801787
- Von Hafe, P., Pina, F., Perez, A., Tavares, M., & Barros, H. (2004). Visceral fat accumulation as a risk factor for prostate cancer. *Obes Res.*, 12(12), 1930–5.
- Von Schnurbein, J., Klenk, J., Galm, C., Berg, S., Gottmann, P., Steinacker, J. M., ... Wabitsch, M. (2011). Reference values and early determinants of intra-abdominal fat mass in primary school children. *Hormone Research in Paediatrics*, 75(6), 412–422. doi:10.1159/000324110
- Vona-Davis, L., Howard-McNatt, M., & Rose, D. P. (2007). Adiposity, type 2 diabetes and the metabolic syndrome in breast cancer. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 8(5), 395–408. doi:10.1111/j.1467-789X.2007.00396.x
- Wajchenberg, B. L. (2000). Subcutaneous and visceral adipose tissue: Their relation to the metabolic syndrome. *Endocrine Reviews*. doi:10.1210/er.21.6.697
- Wajchenberg, B. L., Giannella-Neto, D., Da Silva, M. E. R., & Santos, R. F. (2002). Depot-specific hormonal characteristics of subcutaneous and visceral adipose tissue and their relation to the metabolic syndrome. *Hormone and Metabolic Research*. doi:10.1055/s-2002-38256
- Wajchenberg BL. (2000). Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. *Endocr Rev*, 21(6), 697–738.
- Wang, Y., Rimm, E. B., Stampfer, M. J., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2005). Comparison of abdominal adiposity and overall obesity in predicting risk of type 2 diabetes among men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(3), 555–563. doi:81/3/555 [pii]
- Wang, Z. M., Pierson, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 19–28.

- Washino, K., Takada, H., Nagashima, M., & Iwata, H. (1999). Significance of the atherosclerogenic index and body fat in children as markers for future, potential coronary heart disease. *Pediatrics International*, *41*(3), 260–265. doi:10.1046/j.1442-200X.1999.01065.x
- Wellen, K. E., & Hotamisligil, G. S. (2005). Inflammation, stress, and diabetes. *Journal of Clinical Investigation*. doi:10.1172/JCI200525102
- Wells, J. C. (2001). A critique of the expression of paediatric body composition data. *Archives of Disease in Childhood*, *85*(1), 67–72. doi:10.1136/ad.85.1.67
- Wiklund, P., Toss, F., Weinshall, L., Hallmans, G., Franks, P. W., Nordström, A., & Nordström, P. (2008). Abdominal and gynoid fat mass are associated with cardiovascular risk factors in men and women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *93*(11), 4360–4366. doi:10.1210/jc.2008-0804
- Williams, D. P., Going, S. B., Lohman, T. G., Harsha, D. W., Srinivasan, S. R., Webber, L. S., & Berenson, G. S. (1992). Body fatness and risk for elevated blood pressure, total cholesterol, and serum lipoprotein ratios in children and adolescents. In *American Journal of Public Health* (Vol. 82, pp. 358–363). doi:10.2105/AJPH.82.3.358
- Winsley, R. J., Fulford, J., MacLeod, K. M., Ramos-Ibanez, N., Williams, C. A., & Armstrong, N. (2005). Prediction of visceral adipose tissue using air displacement plethysmography in children. *Obesity Research*, *13*(12), 2048–2051. doi:10.1038/oby.2005.252
- World Health Organization. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organization Technical Report Series*, *894*, i–xii, 1–253. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11234459>
- Wright, C. M., Booth, I. W., Buckler, J. M. H., Cameron, N., Cole, T. J., Healy, M. J. R., ... Williams, A. F. (2002). Growth reference charts for use in the United Kingdom. *Archives of Disease in Childhood*, *86*(1), 11–14. doi:10.1136/ad.86.1.11
- Wu, C. H., Yao, W. J., Lu, F. H., Yang, Y. C., Wu, J. S., & Chang, C. J. (2001). Sex differences of body fat distribution and cardiovascular dysmetabolic factors in old age. *Age and Ageing*, *30*(4), 331–336. doi:10.1093/ageing/30.4.331
- Xia, Y., Ergun, D. L., Wacker, W. K., Wang, X., Davis, C. E., & Kaul, S. (2014). Relationship between dual-energy X-ray absorptiometry volumetric assessment and X-ray computed tomography-derived single-slice measurement of visceral fat. *Journal of Clinical Densitometry*, *17*(1), 78–83. doi:10.1016/j.jocd.2013.03.007
- Yamamoto, S., Nakagawa, T., Matsushita, Y., Kusano, S., Hayashi, T., Irokawa, M., ... Mizoue, T. (2010). Visceral fat area and markers of insulin resistance in relation to colorectal neoplasia. *Diabetes Care*, *33*(1), 184–189. doi:10.2337/dc09-1197
- Yang, X., & Smith, U. (2007). Adipose tissue distribution and risk of metabolic disease: Does thiazolidinedione-induced adipose tissue redistribution provide a clue to the answer? *Diabetologia*. doi:10.1007/s00125-007-0640-1

- Yuan, G., Al-Shali, K. Z., & Hegele, R. A. (2007). Hypertriglyceridemia: Its etiology, effects and treatment. *CMAJ*. doi:10.1503/cmaj.060963
- Yudkin, J. S. (2007). Insulin resistance and the metabolic syndrome--or the pitfalls of epidemiology. *Diabetologia*, *50*(8), 1576–1586. doi:10.1007/s00125-007-0711-3
- Yudkin, J. S., Stehouwer, C. D., Emeis, J. J., & Coppack, S. W. (1999). C-reactive protein in healthy subjects: associations with obesity, insulin resistance, and endothelial dysfunction: a potential role for cytokines originating from adipose tissue? *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *19*(4), 972–978. doi:10.1161/01.ATV.19.4.972
- Zorad, S., Fickova, M., Zelezna, B., Macho, L., & Kral, J. G. (1995). The role of angiotensin II and its receptors in regulation of adipose tissue metabolism and cellularity. *General Physiology and Biophysics*.

## Hipótesis y Objetivos

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

- **Trabajo 1**

**Hipótesis:** *Basados en la literatura, se plantea que existen diferentes relaciones entre las variables antropométricas, la grasa abdominal de tronco y el índice de grasa visceral con el síndrome metabólico*

**Objetivo 1:** Investigar la capacidad diagnóstica de la grasa de tronco y visceral, así como otras medidas antropométricas en relación al síndrome metabólico en un grupo de varones adultos sanos.

- **Trabajo 2**

**Hipótesis:** *Basados en la literatura, se plantea que pueden existir diferencias, tras una comida principal en las determinaciones de la grasa abdominal de tronco, la grasa central y el perímetro abdominal*

**Objetivo 2:** Comprobar las diferencias existentes en las determinaciones de la grasa de tronco, nivel de grasa visceral con las mediciones del Bioimpedanciómetro AB-140 (ViScan) y perímetro abdominal por antropometría en situación pre y postprandial.

- **Trabajo 3**

**Hipótesis:** *Basados en la literatura, se plantea que existen diferentes relaciones entre las variables antropométricas, la grasa abdominal de tronco y el índice de grasa visceral con el síndrome metabólico*

**Objetivo 3:** Investigar la capacidad diagnóstica de la grasa de tronco y visceral, así como otras medidas antropométricas e índices bioquímicos, en relación al síndrome metabólico en un grupo de mujeres y varones ancianos.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



## Material y Métodos

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## **Estudios de los que se compone esta tesis doctoral:**

### **1<sup>er</sup> Estudio**

Se estudia la relación de la grasa de tronco y visceral en relación a la condición de presentar síndrome metabólico en un grupo de 77 varones, adultos jóvenes de mediana edad. Los integrantes de este estudio se sometieron al reconocimiento de empresa obligatorio, en el cual en ayunas se les extraía sangre para el estudio bioquímico y del hemograma. Posteriormente se recogieron los parámetros antropométricos básicos y el estudio de bioimpedancia abdominal para estimar la grasa de tronco y visceral

### **2<sup>o</sup> Estudio**

Este estudio fue necesario al estar iniciando el tercer estudio en las personas mayores. La muestra de personas ancianas institucionalizadas en residencias privadas con convenios con el Servicio Andaluz de Salud, se ven sometidas a estrictos horarios en lo referente a las comidas. El acceso a estas personas se realizaba a partir de las 13.30 h, dependiendo de las disponibilidades del personal de dichas residencias, por lo cual algún paciente se le realizaban las determinaciones antropométricas y de bioimpedancia abdominal bien antes o después de comer. Esta circunstancia obligó a realizar el presente estudio, para demostrar los efectos de la comida y la bebida sobre la BIA abdominal.

Los efectos de la comida y la bebida sobre las mediciones de masa grasa (MG) derivadas por bioimpedancia eléctrica de cuerpo entero (BIA) tienen efectos que pueden modificar las estimaciones de MG y por tanto de masa libre de grasa. El objetivo del trabajo fue determinar, si existen diferencias en el perímetro abdominal máximo (PAbM), diámetro sagital abdominal (DSA) como indicadores de obesidad central y en las variables de grasa de tronco y visceral estimadas por BIA

### 3<sup>er</sup> Estudio

El tercer estudio se analizaron las relaciones de variables bioquímicas, antropométricas y de BIA abdominal (grasa de tronco y visceral), en una muestra de 210 hombres y mujeres mayores, ancianos institucionalizados en relación al síndrome metabólico.

#### Sujetos y tipos de estudio

- Estudio 1: Setenta y siete varones de mediana edad. Estudio transversal y correlacional
- Estudio 2: Veintiún sujetos (10 hombres y 11 mujeres). Estudio transversal y experimental
- Estudio 3: Doscientos diez sujetos (131 mujeres y 79 hombres). Estudio transversal y correlacional

#### Materiales y Métodos

- **Antropometría**

El peso se midió en una báscula electrónica calibrada Seca 813 (Hamburg, Germany) de precisión 100 g. La talla fue medida en un estadiómetro de pared Seca 216 (Hamburg, Germany) con una precisión de 0,1 cm.

Se midieron la circunferencia abdominal máxima a nivel de las crestas ilíacas y el perímetro glúteo a nivel de la máxima protuberancia de los glúteos, con una cinta métrica con precisión de 0,1 cm (Lufkin, modelo W606PM, Cooper Tools, México)

Índices antropométricos:

El índice de masa corporal se calculó:  $\text{Peso en kg} / \text{Talla en metros al cuadrado}$

Índice cintura-cadera: (ICC):  $\text{Perímetro abd max} / \text{perímetro glúteo}$

Índice cintura-altura: (ICA):  $\text{Perímetro abd max} / \text{altura}$

Diámetro sagital abdominal: En decúbito supino. Medición con antropómetro de ramas rectas Holtain, (Crymych, England) de precisión 1 mm.

Pliegues de Grasa: Se midieron con un caliper Holtain (Crymych, England) de precisión 0,2 mm.

- ✗ Cresta Iliaca: Pliegue horizontal por encima de la cresta iliaca derecha
- ✗ Supraespinal: Pliegue oblicuo en la confluencia de las líneas: pliegue axilar anterior-EIAS (espina iliaca anterosuperior) y la línea horizontal que pasa por la referencia *crestale*.
- ✗ Abdominal: A 5 cm de la cicatriz umbilical, un pliegue vertical

Las medidas antropométricas fueron obtenidas de acuerdo a las recomendaciones de la International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK)

- **Bioimpedancia eléctrica abdominal: ViScan AB-140**

Con el sujeto en decúbito supino, se midió el perímetro abdominal a nivel del ombligo, mediante la proyección de una luz, en el plano coronal. La impedancia abdominal fue medida mediante un cinturón con cuatro electrodos, dispuesto a nivel del ombligo en el plano coronal. Los valores de composición corporal fueron derivados por extrapolación de las medidas de impedancia (de 6,25 a 50 Khz) resultando valores de grasa de tronco, expresado en valor porcentual (rango 0-75%) y un valor de tejido adiposo intraabdominal (TAIA) expresado como *fat visceral ratio* (en unidades arbitrarias, de 1 a 59)

Medidas derivadas del Bioimpedanciometro abdominal Viscan AB-140

- ✗ Circunferencia abdominal en decúbito (en cm). Referencia: Nivel umbilical
- ✗ Grasa de tronco (en Porcentaje)
- ✗ Visceral fat ratio (nivel: unidades arbitrarias)

- **Presión arterial**

La presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) fueron obtenidas por triplicado, con el sujeto sentado, tras 5 min de reposo, mediante un esfigmomanómetro manual estándar y un estetoscopio, computándose para el estudio el valor medio.

- **Factores de riesgo y Síndrome metabólico**

El síndrome metabólico fue definido, bajo el consenso de la International Diabetes Federation (IDF) y American Heart Association (AHA) y la National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) con la forma de presentación de obesidad abdominal de 94 cm, para personas caucásicas, hombres y 80 cm para mujeres, más la presentación de dos o más factores, como:

- a) valores bajos de HDL colesterol ( $< 40$  mg/dL),
- b) Valores de PAS  $\geq 130$  y de PAD  $\geq 85$  mmHg,
- c) glucosa basal en ayunas  $>100$  mg/dL

- **Sobrepeso y obesidad**

Los sujetos fueron categorizados de sobrepeso para un IMC de 25 a 29,9 kg/m<sup>2</sup> y obesidad  $>$  de 30 kg/m<sup>2</sup>, según estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

- **Determinaciones Analíticas:**

Para los estudios 1 y 3

Todas las muestras de sangre se han obtenido en plasma tras 12 horas de ayuno.

En la siguiente tabla se exponen los métodos y los instrumentos utilizados para cada variable

Tabla 3.- Métodos de medición e instrumentos utilizados para la determinación de variables bioquímicas sanguíneas.

Variable	Método	Instrumento	Marca	Nacionalidad del instrumento
Hemograma	CITOMETRÍA DE FLUJO BIDIMENSIONAL	ADVIA 2120	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Serie blanca	CITOMETRÍA DE FLUJO BIDIMENSIONAL	ADVIA 2120	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Glucosa	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Urea	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Creatinina	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Ácido úrico	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
GOT	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
GPT	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Fosfatasa alcalina	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
FG	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Colesterol Total	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Triglicéridos	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA

HDL	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
LDL	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Proteínas totales	ESPECTROFOTOMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
PCR	TURBIDIMETRÍA	ADVIA 2400	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Ferritina	QUIMIOLUMINISCENCIA	ADVIA CENTAUR XP	Siemens Healthcare Diagnostics	USA
Hb glicosilada	CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN (HPLC)	G8	TOSOH CORPORATION	JAPÓN
TSH	QUIMIOLUMINISCENCIA	ADVIA CENTAUR XP	Siemens Healthcare Diagnostics	USA

- **Análisis estadístico**

En los tres estudios, los valores son expresados como media  $\pm$  desviación estándar como estándares de una estadística descriptiva.

Para las variables cualitativas se realizó un estudio de frecuencias

Un análisis de la normalidad de las muestras se realizó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov o el test de Shapiro-Wilk en el caso de bajos números de muestra.

Los estudios de asociación entre variables se realizaron por medio de los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) y de Spearman ( $\rho$ )

En el estudio 2 se utilizó una T de Student y un test de Wilcoxon para datos apareados para comparar ambos momentos. Así mismo se comprobó el tamaño de del efecto mediante el coeficiente de Cohen (Cohen's  $d$ ), considerando valores de 0,2-0,3 bajos, sobre 0,5 un valor medio y valores de 0,8 o superiores como valores altos

Los estudios de sensibilidad y especificidad se realizaron mediante la metodología del análisis de curvas ROC (Receiver Operating Characteristics), para los estudios 1 y 3



Todos los estudios estadísticos se realizaron mediante el programa MedCalc para Windows versión 14.10.2 (Mariakerke, Belgium) y se consideró en todos los casos, un nivel de significación de  $P < 0.05$



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Resultados y Discusión

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Estudio 1

---

Publicado en Nutrición Hospitalaria - 2015

*Catálogo Journal Citation Reports, Impact Factor: 1.04*

*(Nutr Hosp. 2015; 32:1122-1130)*

DOI:10.3305/nh.2015.32.3.9401



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## **Predicción del síndrome metabólico por bioimpedancia abdominal y antropometría en hombres de mediana edad**

*Abdominal bioelectrical impedance analysis and anthropometry for predicting Metabolic Syndrome in middle aged men*

Rosalía Fernández-Vázquez<sup>1</sup>, Ángel Millán Romero<sup>1</sup>, Miguel Ángel Barbancho<sup>1, 2</sup>, José Ramón Alvero-Cruz<sup>1,2</sup>

1.- Universidad de Málaga, Andalucía Tech. Dpto. de Fisiología Humana y Educación Física y Deportiva. Facultad de Medicina. 29071-Campus de Teatinos, Málaga. España.

2.- Instituto de Investigaciones Biomédicas de Málaga.

Correspondencia:

José Ramón Alvero Cruz

Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte

Dpto. de Fisiología Humana y Educación Física y Deportiva

Campus de Teatinos, Edificio López de Peñalver, Universidad de Málaga, 29071 Málaga

Tfno.: 952137599

alvero@uma.es

## Resumen

**Objetivo:** La obesidad central tiene una gran relación con el síndrome metabólico. Estudiar la relación de la grasa de tronco, índice de grasa visceral y medidas antropométricas, con el síndrome metabólico.

**Métodos:** Diseño: Transversal descriptivo y correlacional. Participaron 75 varones, voluntarios, de distintas profesiones, que accedieron a un reconocimiento médico-laboral, con un rango de edad de 21 a 59 años. Mediciones de peso, talla, índice de masa corporal, perímetro abdominal, perímetro glúteo, índice cintura-cadera y grasa de tronco y nivel de grasa visceral mediante bioimpedanciometría (Tanita AB-140-ViScan) y parámetros bioquímicos: glucosa, colesterol total y triglicéridos. Así mismo se midió la presión arterial sistólica y diastólica. Se comparan los estados de síndrome metabólico, sobrepeso y obesidad.

**Resultados:** Existen correlaciones de las medidas antropométricas con la de grasa de tronco y el nivel de grasa visceral y así mismo con los parámetros bioquímicos ( $P < 0.001$ ). Un análisis de curvas ROC muestra que los puntos de corte a partir de los cuales se puede presentar el síndrome metabólico, son de 32,7% de grasa de tronco y de 13 para el nivel de grasa visceral, con una alta sensibilidad y especificidad. Se obtienen los mismos puntos de corte para el estado de obesidad y síndrome metabólico.

**Conclusiones:** La grasa de tronco y los niveles de grasa visceral, son muy sensibles y específicas para la detección del síndrome metabólico y la obesidad, aunque no superan a las variables e índices antropométricos. En la condición del sobrepeso, la grasa de tronco y visceral, son medidas algo más predictivas que las variables antropométricas.

**Palabras clave:** Bioimpedancia abdominal; Antropometría; Hombres; Síndrome metabólico, Sobrepeso; Obesidad



**Abstract**

**Objective:** Central obesity has a higher risk of metabolic syndrome. The present work aimed to study the relationship of trunk fat and the visceral fat index, and other anthropometric indices in relation to the metabolic syndrome in middle aged male

**Methods:** Design: Transversal descriptive and correlational study. Participants: 75 male, volunteers who have access to a medical assessment, with an age range of 21 to 59 years, from different professions. Measurements: Weight, height, body mass index, waist circumference, gluteal circumference, waist-to-hip ratio, waist-to-height ratio, trunk fat and visceral fat level by bioelectrical abdominal impedance analysis with Tanita AB-140 (ViScan) and biochemical markers: fasting glucose, total cholesterol, and triglycerides. Likewise, the systolic and diastolic blood pressure was measured.

**Results:** There are significant correlations of anthropometric measurements with trunk fat and visceral fat level and the same with biochemical variables. Receptor-operator curves (ROC curve) analysis shows that the cut-off points from which arises the metabolic syndrome are 32,7% of trunk fat and a level of visceral fat of 13 with a high sensitivity and specificity, attaining the same cut-off points for the metabolic syndrome and obesity status.

**Conclusions:** Trunk fat and visceral fat levels determined by bioelectrical abdominal impedance analysis, values are variables very sensitive and specific for the detection of metabolic syndrome and obesity, though not over the variables and anthropometric indices. In the condition of the overweight, trunk fat and visceral fat level are more predictive than anthropometric measures.

**Key words:** Bioelectrical abdominal analysis, anthropometry, men, metabolic syndrome, overweight and obesity

**Abreviaturas**

**AHA:** American Heart Association, **ATP III:** Tercer panel de tratamiento de adultos del NCEP, **ICA:** Índice cintura-altura, **ICC :** Índice cintura cadera, **IDF :** International Diabetes Federation, **IMC:** Índice de masa corporal, **ISAK :** International Society for Advancement in Kinanthropometry, **NCEP:** National Education Cholesterol Program, **NHLBI:** National Heart, Lung, and Blood Institute (USA), **PAS:** Presión arterial sistólica, **PAD:** Presión arterial diastólica, **ROC :** Receiver operating characteristic: Curva operador-receptor, **TAV:** Tejido adiposo visceral , **SM:** Síndrome metabólico, **TAC:** Tomografía axial computerizada.

## Introducción

Se ha comprobado que la distribución de la grasa corporal y especialmente en el territorio abdominal (adiposidad visceral) es un factor que guarda una estrecha asociación con el síndrome metabólico. El tejido adiposo visceral es considerado, un órgano metabólicamente activo y la obesidad intra-abdominal, es un factor de riesgo independiente de otras alteraciones metabólicas asociadas al síndrome metabólico (SM) y que se pueden presentar tanto en niños, jóvenes o adultos (1,2).

Existe una cantidad considerable de trabajos científicos, en los que el exceso de adiposidad se asocia con riesgos significativos para la salud, destacando la diabetes la hipertensión arterial y las dislipemias, especialmente si esta, se halla en cantidades excesivas (3,4). Igualmente la obesidad abdominal y en especial, el tejido adiposo visceral (TAV), ha sido identificado como una grasa especialmente nociva (5) y aunque los mecanismos no se entienden todavía completamente, grandes cantidades de TAV, son predictoras de cuadros clínicos de resistencia a la insulina y de otras anomalías metabólicas (4). Varios de estos estudios, han identificado que las diferentes cantidades de TAV, se relacionan a los factores de riesgo cardiometabólico y al SM tanto en hombres blancos como mujeres (6–9). Estas diferencias de género en el TAV, persisten incluso después, de ser controlados para la cantidad de grasa corporal total. (10,11)

La tomografía axial computarizada (TAC) el uno de los métodos más fiables y de referencia, en la cuantificación de la grasa visceral, sin embargo es un método caro y de difícil aplicación en investigaciones epidemiológicas (12,13). Las estimaciones indirectas de la obesidad central, mediante técnicas antropométricas, han demostrado también su gran utilidad en la práctica clínica y en los estudios epidemiológicos, por su simplicidad, bajo coste y su nula invasividad. (14). Estas mediciones de la grasa central o abdominal, han sido controladas mediante índices antropométricos, como el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de la cintura y el índice cintura-cadera (ICC) entre otros (15,16).

Las medidas de bioimpedancia eléctrica, normalmente son utilizadas para la estimación de la grasa corporal total. En estos últimos tiempos, se han desarrollado instrumentos de bioimpedancia abdominal, capaces de estimar la grasa de tronco y un nivel de grasa visceral (17). Actualmente, se dispone de bioimpedanciómetros abdominales validados para la medición de la grasa de tronco y de un índice de grasa visceral (18,19), aunque estudio ha demostrado que la impedancia abdominal se relaciona débilmente, es considerado un buen método de seguimiento en pacientes con síndrome metabólico (20).

El síndrome metabólico está caracterizado por la suma de varios factores de riesgo cardiometabólico, como son, la obesidad central o abdominal, las alteraciones dislipémicas, el aumento de la presión arterial y las alteraciones de la glucemia basal (21). La prevalencia en España del síndrome metabólico está en torno al 34% (22). Valores parecidos del 38%, de prevalencia de síndrome metabólico en varones son los reportados por Marcuello (23), un 32% de Fernández Bergés (24) y en un 36%, si es estimado por los criterios de la OMS (24). Otros estudios informan de una prevalencia en sujetos de entre 21 y 60 años del 20% (25,26). Hay que destacar que se pueden encontrar diferencias en los valores de prevalencia del síndrome metabólico, dependiendo del método y de los criterios utilizados para su cuantificación (AHA, IDF o Consenso de Sociedades), con valores de 17%, 24,3% y 27,8 respectivamente (27,28). Los datos de prevalencia de SM aumentan cuando los sujetos poseen, hipertrigliceridemia (29) y esos valores alcanzan hasta un valor del 79%. (30). La prevalencia de SM en pacientes con diabetes, es muy grande cercana a valores del 80% (31).

El objetivo del presente estudio ha sido estudiar la relación de la grasa de tronco y el índice de grasa visceral, estimados mediante bioimpedancia abdominal, y por otra parte medidas antropométricas, en relación al síndrome metabólico y a los estados de sobrepeso y obesidad, determinando la sensibilidad y la especificidad, de estas variables e hipotetizando de que los valores de grasa de tronco y nivel de grasa visceral, son también, variables adecuadas y sensibles en la evaluación y detección del síndrome metabólico.

## Material y métodos

### Muestra

Participaron 75 varones de  $37 \pm 7,9$  años de edad, de  $84,7 \pm 13,2$  kg;  $174,4 \pm 7,5$  cm de talla y  $27,86 \pm 3,99$  kg/m<sup>2</sup> de índice de masa corporal. Todos ellos, recibieron información detallada del estudio a realizar, dentro de un reconocimiento médico-laboral y firmaron el consiguiente consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Málaga y se respetaron los principios de Helsinki para la investigación en seres humanos.

### Antropometría

El peso se midió en una báscula electrónica calibrada Seca 813 (Hamburg, Germany) de precisión 100 g. La talla fue medida en un estadiómetro de pared Seca 216

(Hamburg, Germany) con una precisión de 0,1 cm. Todos los perímetros se midieron con una cinta métrica con precisión de 0,1 cm (Lufkin, modelo W606PM, Cooper Tools, México). Se midieron la circunferencia abdominal máxima a nivel de las crestas ilíacas, el perímetro de los glúteos a nivel de la máxima protuberancia de los mismos y por delante a nivel de la sínfisis púbica. Las medidas antropométricas fueron obtenidas de acuerdo a las recomendaciones de la International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK) (32)

### Índices

El índice de masa corporal (IMC) fue calculado como:  $\text{Peso (kg)/m}^2$ , el índice cintura-cadera (ICC):  $(\text{Perímetro abdominal (cm)/Perímetro glúteo (cm)})$  y el índice cintura-altura (ICA):  $\text{perímetro cintura (cm)/altura (cm)}$ .

### Bioimpedancia abdominal

Se realizó mediante el modelo AB-140, ViScan® (Tanita, Japan). Con el sujeto en decúbito supino, sobre una camilla no metálica, se midió inicialmente el perímetro abdominal a nivel del ombligo, según protocolo del instrumento y por indicaciones del fabricante, mediante la proyección de una luz, en el plano coronal. Esta medida de perímetro abdominal no fue utilizada para los cálculos ni para el análisis de los resultados. Los valores de grasa de tronco y nivel de grasa visceral fueron obtenidos, tras disponer un cinturón con cuatro electrodos, centrado y dispuesto a nivel del ombligo. Los valores de composición corporal fueron derivados por extrapolación de las medidas de impedancia (de 6,25 a 50 KHz) resultando valores de grasa de tronco, expresados en valor porcentual (rango de 0-75%) y un nivel de grasa visceral, expresado como *fat visceral ratio* (en unidades arbitrarias, de 1 a 59).

### Presión arterial

La presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) fueron obtenidas por triplicado, con el sujeto sentado, tras 5 min de reposo, mediante un esfigmomanómetro manual estándar y un estetoscopio, computándose para el estudio el valor medio. De acuerdo al Adult Treatment Panel (ATPIII), se estableció el nivel de hipertensión arterial, en valores  $\geq$  a 130 mmHg., para la PAS y  $\geq$  a 85 mmHg., para la PAD (33,34)

### Análisis bioquímico

Los niveles de glucosa, colesterol total y triglicéridos fueron analizados en muestras de plasma, tras 12 horas de ayuno, en un auto-analizador computarizado de espectrofotometría Advia 2400 (Siemens HealthCare Diagnostics, USA)

### Factores de riesgo y Síndrome metabólico

El síndrome metabólico fue definido, bajo el consenso de la International Diabetes Federation (IDF) (21) y American Heart Association (AHA) y la National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) con la forma de presentación de obesidad abdominal de 94 cm, para personas caucásicas, más la presentación de dos o más factores, como: a) bajo HDL colesterol ( $< 40$ ), b) Valores de PAS  $\geq 130$  y de PAD  $\geq 85$  mmHg, c) glucosa basal en ayunas  $>100$  mg/dL (21,27,33,35)

### Sobrepeso y obesidad

Los sujetos fueron categorizados de sobrepeso para un IMC de 25 a 29,9 kg/m<sup>2</sup> y obesidad  $>$  de 30 kg/m<sup>2</sup>, según estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS)(36)

### Análisis estadístico

Los valores han sido expresados como media  $\pm$  desviación estándar. Un análisis estadístico descriptivo fue realizado, para todas las variables cuantitativas y un análisis de la normalidad en la distribución de la muestra, se realizó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. La normalidad de la misma, hizo que se realizara un estudio paramétrico de asociación entre variables antropométricas, bioquímicas y con las estimadas con ViScan, mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Un estudio de curvas ROC, se realizó para seleccionar los puntos de corte, mediante el análisis, de las áreas bajo la curva (ABC), como medidas de utilidad de la variable predictora y que representa el intercambio entre la correcta identificación del alto y el bajo riesgo de presentar la condición. Los puntos de corte se escogieron, asociados al índice J de Youden. Por último un test de Kruskal-Wallis, fue aplicado para analizar la relación entre los valores de grasa de tronco y nivel de grasa visceral con el número de factores del SM y con la condición de tener o no el SM. El

estudio estadístico, se realizó mediante el programa MedCalc para Windows versión 14.12.0 (Mariakerke, Belgium) y se consideró el nivel de significación para una  $P < 0,05$  para todos los casos.

## Resultados

Las características principales de los 75 participantes están resumidas, en la tabla I. De todos ellos un 73% tenían sobrepeso y un 26,6% obesidad. El 8% de los sujetos de estudio fueron catalogados de síndrome metabólico y el 10,66% poseían altos valores de presión arterial.

<b>Tabla I</b>						
<i>Estadística descriptiva general de la muestra</i>						
<b>Variable</b>		<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	
<b>Edad</b>	años	37,0	± 9,7	21,0	59,0	
<b>Peso</b>	kg	84,8	± 13,2	62,0	130,0	
<b>Talla</b>	cm	174,4	± 7,5	156,0	192,0	
<b>Índice de masa Corporal</b>	kg/m <sup>2</sup>	27,9	± 4,0	19,2	41,0	
<b>Perímetro Abdominal Máximo</b>	cm	98,2	± 11,4	71,0	123,0	
<b>Perímetro de cadera</b>	cm	98,8	± 7,3	80,0	123,0	
<b>Índice cintura-cadera</b>		1,0	± 0,1	0,8	1,2	
<b>Índice cintura-altura</b>		0,56	± 0,1	0,39	0,73	
<b>Grasa de Tronco</b>	%	30,9	± 9,9	8,4	51,7	
<b>Grasa Visceral</b>		14,0	± 6,5	2,5	29,5	
<b>Glucosa</b>	mg/dL	86,6	± 18,6	63,0	212,0	
<b>Colesterol total</b>	mg/dL	183,4	± 33,0	105,0	321,0	
<b>Triglicéridos</b>	mg/dL	107,8	± 51,2	42,0	271,0	
<b>P arterial Sistólica</b>	mmHg	119,1	± 14,7	90,0	160,0	
<b>P arterial Diastólica</b>	mmHg	77,5	± 8,2	55,0	100,0	

Se encuentran correlaciones directas estadísticamente significativas, entre las medidas e índices antropométricos, con la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral. La grasa de tronco y visceral aumentan con la edad, el peso y el IMC ( $P < 0,05$ ). También existen correlaciones directas y significativas de las variables glucosa, colesterol y triglicéridos, con la grasa de tronco ( $P < 0,05$ ) pero no, con la grasa visceral ( $P > 0,05$ ). Se

encuentran correlaciones significativas de la grasa visceral con la PAS y la PAD ( $P < 0,05$ ). (Tabla II)

<b>Tabla II</b>					
<i>Coefficientes de correlación de Pearson de la Grasa de Tronco y Visceral con el resto de variables antropométricas, bioquímicas y de presión arterial</i>					
Variable		<b>Grasa de Tronco</b>	<b>P</b>	<b>Grasa Visceral</b>	<b>P</b>
<b>Edad</b>	Años	<b>0,304</b>	0,0079	<b>0,257</b>	0,026
<b>Peso</b>	kg	<b>0,712</b>	$<0,0001$	<b>0,731</b>	$<0,0001$
<b>Talla</b>	cm	<b>-0,029</b>	0,8062	0,091	0,4356
<b>Índice de Masa Corporal</b>	kg/m <sup>2</sup>	<b>0,794</b>	$<0,0001$	<b>0,726</b>	$<0,0001$
<b>Perímetro Abdominal Máximo</b>	cm	<b>0,83</b>	$<0,0001$	<b>0,746</b>	$<0,0001$
<b>Perímetro de cadera</b>	cm	<b>0,692</b>	$<0,0001$	<b>0,609</b>	$<0,0001$
<b>Índice Cintura Altura</b>		<b>0,79</b>	$<0,0001$	<b>0,658</b>	$<0,0001$
<b>Índice Cintura Cadera</b>		<b>0,708</b>	$<0,0001$	<b>0,66</b>	$<0,0001$
<b>Glucosa</b>	mg/dL	<b>0,307</b>	0,0075	0,126	0,2819
<b>Colesterol total</b>	mg/dL	<b>0,237</b>	0,0407	0,185	0,1119
<b>Triglicéridos</b>	mg/dL	<b>0,347</b>	0,0023	<b>0,341</b>	0,0027
<b>P arterial Sistólica</b>	mmHg	<b>0,235</b>	0,0421	<b>0,282</b>	0,0142
<b>P arterial Diastólica</b>	mmHg	0,177	0,129	<b>0,268</b>	0,02

No se encuentran diferencias, en los niveles de grasa entre los diferentes grupos de conforman el número de factores de riesgo ( $P=0,08$ ) y tampoco el nivel de grasa visceral ( $P=0,08$ ), sin embargo si existen diferencias entre el grupo sin SM y SM para la grasa de tronco ( $P=0,004$ ) y nivel de grasa visceral ( $P=0,01$ )

#### Curvas ROC

Los puntos de corte de grasa de tronco y grasa visceral, obtenidos, en relación al diagnóstico de síndrome metabólico son de 37,2% (sensibilidad: 83% y especificidad: 84%) y 13 (sensibilidad: 100% y especificidad: 56%), respectivamente. Las áreas bajo la curva (ABC) asociadas son de  $0,848 \pm 0,07$ , IC95%: 0,746 - 0,920 y de  $0,818 \pm 0,07$ , IC95%: 0,712 - 0,897, respectivamente y ambas ( $P = 0,0001$ ) y sin diferencia entre ellas ( $P = 0,64$ ).



Tras los puntos de corte hallados, se observa que el 24% de la muestra poseen valores  $\geq$  de 37,2% de grasa de tronco y el 45.3% tienen valores de  $\geq$  de 13, de nivel de grasa visceral. Cuando la variable clasificatoria es el SM, las mayores ABC son para IMC e ICA ( $>0.90$ ). Todas las ABC, son significativas y son buenas predictoras del SM. Si la variable clasificatoria es el estado de sobrepeso, las mayores ABC son para IMC, ICA, Grasa de tronco y visceral (todas  $>0,929$ ). En el caso de que la variable clasificatoria sea el estado de obesidad, las mayores ABC son para IMC y perímetro abdominal ( $>0,91$ ), todas ellas  $P<0.001$  (Tabla III).

Los valores de puntos de corte definidos por el síndrome metabólico y obesidad son prácticamente iguales en los parámetros perímetro abdominal máximo, ICC, IMC, grasa de tronco y nivel de grasa visceral (Tabla IV). Son destacables en esta misma tabla los altos valores de +LR o razones de probabilidad positiva, que denotan la probabilidad de tener la condición en oposición a no tenerla, teniendo un resultado positivo de la prueba en estudio. De la misma forma, los valores de -LR son muy bajos.

Tabla III

*Áreas bajo la curva del perímetro abdominal máximo, índice de masa corporal, índice cintura-cadera e índice cintura-altura, grasa de tronco y visceral, para identificar la presencia de síndrome metabólico, sobrepeso, y obesidad*

Variable Clasificatoria	Perim Abd Max	IMC	ICC	ICA	G Tronco	G Visceral
<b>Sdme metabólico</b>						
ABC	0,873	0,915	0,839	0,909	0,848	0,818
EE	0,0674	0,0445	0,0755	0,0477	0,0775	0,0775
IC 95%	0,776 - 0,939	0,828 - 0,967	0,736 - 0,914	0,821 - 0,963	0,746 - 0,920	0,712 - 0,897
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Youden index	0,6377	0,7826	0,5507	0,7319	0,6739	0,5652
<b>Sobrepeso</b>						
ABC	0,919	0,981	0,834	0,932	0,929	0,931
EE	0,0327	0,0139	0,0532	0,028	0,0333	0,0315
IC 95%	0,832 - 0,969	0,919 - 0,999	0,730 - 0,910	0,850 - 0,977	0,845 - 0,975	0,848 - 0,976
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Youden index	0,7581	0,9677	0,6687	0,871	0,737	0,7419
<b>Obesidad</b>						
ABC	0,916	1	0,848	0,93	0,87	0,841
EE	0,0322	0	0,0464	0,0277	0,0457	0,0466
IC 95%	0,829 - 0,968	0,952 - 1,000	0,746 - 0,920	0,846 - 0,976	0,772 - 0,936	0,738 - 0,915
P	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Youden index	0,6636	1	0,6045	0,7273	0,6136	0,6409

Perim Abd Max: Perímetro abdominal máximo, IMC: índice de masa corporal, ICC: índice cintura-cadera, ICA: índice cintura-altura, ABC: Área bajo la curva, EE: error estándar, IC: intervalo de confianza, P: valor de significación

Tabla IV

*Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de las variables antropométricas y de bioimpedancia abdominal, para identificar la presencia de síndrome metabólico, sobrepeso y obesidad*

	Pto de corte	Sens	95% CI	Espec	95% CI	+LR	95% CI	-LR	95% CI	+PV	95% CI	-PV	95% CI
<b>Sdme metabólico</b>	P abd	>99	100	63,77	51,3 - 75,0	2,76	2,0 - 3,8	0	7,5 - 37,5	19,4	7,5 - 37,5	100	92,0 - 100,0
	IMC	>29,4	100	78,26	66,7 - 87,3	4,6	2,9 - 7,2	0	11,3 - 52,2	28,6	11,3 - 52,2	100	93,4 - 100,0
	ICC	>0,99	100	55,07	42,6 - 67,1	2,23	1,7 - 2,9	0	6,2 - 32,0	16,2	6,2 - 32,0	100	90,7 - 100,0
	ICA	>0,62	83,33	89,86	80,2 - 95,8	8,21	3,7 - 18,1	0,19	0,03 - 1,1	41,7	15,2 - 72,3	98,4	91,5 - 100,0
	G Tronco	>37,2	83,33	84,06	73,3 - 91,8	5,23	2,7 - 10,0	0,2	0,03 - 1,2	31,2	11,0 - 58,7	98,3	90,9 - 100,0
	G Visceral	>13	100	56,52	44,0 - 68,4	2,3	1,8 - 3,0	0	6,4 - 32,8	16,7	6,4 - 32,8	100	91,0 - 100,0
<b>Sobrepeso</b>	P abd	>93	75,81	100	75,3 - 100,0	0,24	0,2 - 0,4	0,24	0,2 - 0,4	100	92,5 - 100,0	46,4	27,5 - 66,1
	IMC	>24,5	96,77	100	75,3 - 100,0	0,032	0,008 - 0,1	0,032	0,008 - 0,1	100	94,0 - 100,0	86,7	59,5 - 98,3
	ICC	>0,956	82,26	84,62	54,6 - 98,1	5,35	1,5 - 19,2	0,21	0,1 - 0,4	96,2	87,0 - 99,5	50	28,2 - 71,8
	ICA	>0,52	87,1	100	75,3 - 100,0	4,19	1,6 - 11,3	0,13	0,07 - 0,2	100	93,4 - 100,0	61,9	38,4 - 81,9
	G Tronco	>21,1	96,77	76,92	46,2 - 95,0	4,19	1,6 - 11,3	0,042	0,01 - 0,2	95,2	86,7 - 99,0	83,3	51,6 - 97,9
	G Visceral	>11,5	74,19	100	75,3 - 100,0	0,26	0,2 - 0,4	0,26	0,2 - 0,4	100	92,3 - 100,0	44,8	26,4 - 64,3
<b>Obesidad</b>	P abd	>99	90	76,36	63,0 - 86,8	3,81	2,3 - 6,3	0,13	0,03 - 0,5	58,1	39,1 - 75,5	95,5	84,5 - 99,4
	IMC	>29,7	100	100	93,5 - 100,0	0	0	0	83,2 - 100,0	100	83,2 - 100,0	100	93,5 - 100,0
	ICC	>0,98	95	65,45	51,4 - 77,8	2,75	1,9 - 4,0	0,076	0,01 - 0,5	50	33,4 - 66,6	97,3	85,8 - 99,9
	ICA	>0,57	100	72,73	59,0 - 83,9	3,67	2,4 - 5,6	0	39,4 - 73,7	57,1	39,4 - 73,7	100	91,2 - 100,0
	G Tronco	>37,4	65	96,36	87,5 - 99,6	17,87	4,4 - 72,3	0,36	0,2 - 0,7	86,7	59,5 - 98,3	88,3	77,4 - 95,2
	G Visceral	>13	95	69,09	55,2 - 80,9	3,07	2,0 - 4,6	0,072	0,01 - 0,5	52,8	35,5 - 69,6	97,4	86,5 - 99,9

Sens: sensibilidad, Espec: especificidad, LR: likelihood ratios positivos (+) y negativos(-) y PV: valores predictivos positivos (+) y negativos(-)

## Discusión

El presente estudio muestra que la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, tienen una gran capacidad para predecir el SM, así como, estas presentan fuertes correlaciones con las medidas antropométricas que evalúan la obesidad central y el SM. Según nuestro conocimiento, es el primer estudio que demuestra que los valores de grasa de tronco y los niveles de grasa visceral, determinados con bioimpedancia abdominal, permiten, con gran sensibilidad y especificidad, el diagnóstico y para el cribado del síndrome metabólico en varones de mediana edad.

Un estudio de Mateo-Gallego (37), realizado con el mismo instrumento de análisis de impedancia abdominal, halla altas correlaciones entre la circunferencia de cintura con las medidas de grasa abdominal total y el nivel de grasa visceral, en hombres y en todos los grupos de edad, (< 30, 31-40, 41-50, 51-60 años con correlaciones de 0,54 a 0,95 y de 0,74 a 0,97, respectivamente, concluyendo que la medida de la circunferencia de la cintura es un buen indicador de la grasa visceral, sin encontrar relaciones con la edad. En el presente estudio, también se encuentran correlaciones significativas de las medidas antropométricas con las medidas derivadas de la bioimpedancia abdominal ( $P < 0,05$ ) y también, entre la edad y la grasa abdominal total y visceral, aunque de forma débil ( $r = 0,30$  y  $0,26$ , respectivamente) pero también de forma significativa ( $P < 0,05$ ). Estas asociaciones deben tomarse con cautela, pues en nuestro estudio, como ya se ha referido, se han encontrado correlaciones entre la grasa de tronco y visceral con la edad, pero al realizar correlaciones parciales y estar controladas con el IMC, dejan de ser significativas ( $r = 0,21$ ,  $P = 0,07$  y  $r = 0,12$ ,  $P = 0,24$  respectivamente), denotando la influencia del IMC sobre esta relación. El estudio de Mateo-Gallego, encuentra el mismo grado de asociación ( $r = 0,30$ ) entre la edad y la grasa abdominal total, pero este, no realizan correlaciones parciales, controladas por el IMC.

Individualmente la grasa de tronco también se correlaciona con los biomarcadores, glucosa, el colesterol y los triglicéridos. Los aumentos de grasa de tronco y visceral, son formas de deposición local, que se presentan en la obesidad y por tanto, estas alteraciones bioquímicas también se relacionan con la obesidad. Esta circunstancia podría relacionarse con la llamada cintura hipertriglicéridémica (30), situación en la cual existe un perímetro de cintura mayor de 94 cm y unos niveles superiores a 150 mg/dL de triglicéridos,

encontrando este hecho en un 9.3% de la muestra del estudio (7 de 75) y con la coyuntura de que la mayoría eran sedentarios. En otros estudios importantes ya se ha encontrado la asociación entre la grasa visceral y las alteraciones de la presión arterial, la diabetes y el síndrome metabólico (38), pero las relaciones en nuestro estudio son débiles.

Aunque el índice de masa corporal, el perímetro de la cintura y el índice cintura-altura, son medidas indirectas y buenas indicadoras de la grasa abdominal central, en este estudio, se presentan como las variables que más relacionan con la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral. (37). En el presente estudio, destacan las correlaciones del perímetro máximo de cintura y el índice cintura-altura, por encima de perímetro de cadera o el índice cintura-cadera. Las correlaciones entre las medidas antropométricas y las de bioimpedancia abdominal coinciden con las aportadas por Baudrand y colaboradores, que encuentran las mismas relaciones de las medidas, destacando que el mayor porcentaje de sujetos de ese estudio, eran mujeres (39)

Existe gran consenso en base a los diferentes estudios, que valores mayores a 0,95 de índice de cintura-cadera, en hombres, se relacionan con riesgos para la salud, particularmente con riesgos de tipo metabólico, como el aumento de triglicéridos y colesterol (40). En nuestro estudio se comprueban estas mismas correlaciones, por lo cual y de la misma forma que esos autores, se recomendaría la utilización de las medidas antropométricas en el seguimiento del síndrome metabólico.

En un estudio multicéntrico (27) realizado en una población 1746 varones, entre 35 y 74 años, obtuvieron para la circunferencia de cintura, un valor de corte de 94,5 cm, que se asoció a la mayor sensibilidad y especificidad en el diagnóstico del síndrome metabólico. En nuestro estudio el punto de corte del perímetro abdominal máximo en relación al diagnóstico de síndrome metabólico, estado de sobrepeso y obesidad, fueron 99, 93 y 99 cm respectivamente, los cuales se hallan ligeramente por encima y correspondiendo el mismo valor de 99 cm para el diagnóstico de obesidad y síndrome metabólico.

Por los resultados encontrados las correlaciones del perímetro abdominal con la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, se confirmaría la utilidad de la toma de estas medidas en el seguimiento de las enfermedades asociadas a la obesidad y sus complicaciones. Los estudios de Casanueva y colaboradores en una amplia población española y sobre un amplio grupo en rango de edad, encuentran las mismas asociaciones y promueven el control clínico del SM mediante la toma de medidas antropométricas. (41)

En el trabajo de Baudrand (39), encuentran unas ABC del TAV de 0,93 para el diagnóstico de SM. Estos valores son ligeramente superiores a los de nuestra cohorte, con un punto de corte de 10, ligeramente inferior pero con unos valores de sensibilidad y especificidad muy parecidos (100 y 82% respectivamente).

En un estudio en población catari las ABC para los índices antropométricos son bajos para el IMC (0,56), circunferencia de cintura (0,78), ICA (0,74) e ICC (0,75) en comparación con los nuestros que van de 0,83 a 0,90. (42)

En el seguimiento clínico de los factores asociados al SM, se deberían corresponder los cambios bioquímicos, antropométricos y de BIA, con los cambios en el tejido visceral. Estos cambios se ha comprobado, que fueron asociados, a los cambios en los factores de riesgo metabólico, especialmente en los triglicéridos y el HDL y pueden incluso estos cambios, ser independientes de los cambios del peso corporal y del perímetro abdominal (43).

Las estrategias de tratamiento, encaminadas a la disminución de las cantidades de grasa visceral, mediante el ejercicio físico (44) y la dieta rica en triglicéridos de cadena media (45,46), pueden dar como resultado, la disminución de los factores de riesgo asociados y por los resultados obtenidos, la bioimpedancia abdominal es un método, simple y no invasivo, para la evaluación de las cantidades de grasa visceral en estudios y seguimientos epidemiológicos.

### **Limitaciones del estudio**

El estudio se ha realizado en un número relativamente bajo de sujetos y aunque los datos son claramente significativos, se deberían comprobar estos resultados en muestras más amplias. La bioimpedancia abdominal es un método fiable y utilizado en situaciones de control clínico, que de ninguna de las maneras puede sustituir a los métodos de referencia en la estimación precisa de la composición corporal y en particular de la cantidad de grasa visceral, pero que está demostrada su utilidad en estudios de seguimiento por su rapidez y fiabilidad (17).

## Conclusiones

La grasa de tronco y visceral, se asocia significativamente al síndrome metabólico en sujetos varones de mediana edad y las áreas bajo la curva, poseen similar capacidad para discriminar el estado de SM.

Ambas mediciones realizadas por medio de bioimpedancia eléctrica abdominal, muestran su utilidad y capacidad en el diagnóstico del SM y los puntos de corte obtenidos podrían utilizarse para el cribado del síndrome metabólico en contextos clínicos.

Futuras investigaciones, deberían centrarse también en la comprobación y el análisis de los cambios de las grasa de tronco y visceral y su relación concomitante a los cambios en los factores del síndrome metabólico, con los riesgos asociados y la probabilidad de aparición del mismo

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

**Bibliografía**

1. Amato MC, Giordano C, Galia M, Criscimanna A, Vitabile S, Midiri M, et al. Visceral adiposity index: A reliable indicator of visceral fat function associated with cardiometabolic risk. *Diabetes Care*. 2010;33(4):920–2.
2. Codoñer-Franch P, Murria-Estal R, Tortajada-Girbés M, Del Castillo-Villaescusa C, Valls-Bellés V, Alonso-Iglesias E. New factors of cardiometabolic risk in severely obese children: Influence of pubertal status. *Nutr Hosp*. 2010;25(5):845–51.
3. Bray GA, Jablonski KA, Fujimoto WY, Barrett-Connor E, Haffner S, Hanson RL, et al. Relation of central adiposity and body mass index to the development of diabetes in the Diabetes Prevention Program. *Am J Clin Nutr*. 2008;87(5):1212–8.
4. Després J-P, Lemieux I, Bergeron J, Pibarot P, Mathieu P, Larose E, et al. Abdominal obesity and the metabolic syndrome: contribution to global cardiometabolic risk. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2008;28(6):1039–49.
5. Kuk JL, Katzmarzyk PT, Nichaman MZ, Church TS, Blair SN, Ross R. Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obesity (Silver Spring)*. 2006;14(2):336–41.
6. Hunter GR, Snyder SW, Kekes-Szabo T, Nicholson C, Berland L. Intra-abdominal adipose tissue values associated with risk of possessing elevated blood lipids and blood pressure. *Obes Res*. 1994;2(6):563–8.
7. Pickhardt PJ, Jee Y, O'Connor SD, del Rio AM. Visceral adiposity and hepatic steatosis at abdominal CT: association with the metabolic syndrome. *AJR Am J Roentgenol [Internet]*. 2012;198(5):1100–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22528899>
8. Von Eyben FE, Mouritsen E, Holm J, Dimcevski G, Montvilas P, Suciú G. Computed tomography scans of intra-abdominal fat, anthropometric measurements, and 3 nonobese metabolic risk factors. *Metabolism*. 2006;55(10):1337–43.
9. Pimentel GD, Portero-McLellan KC, Oliveira EP, Spada APM, Oshiiwa M, Zemdegs JCS, et al. Long-term nutrition education reduces several risk factors for type 2 diabetes mellitus in Brazilians with impaired glucose tolerance. *Nutr Res*. 2010;30(3):186–90.
10. Demerath EW, Sun SS, Rogers N, Lee M, Reed D, Choh AC, et al. Anatomical patterning of visceral adipose tissue: race, sex, and age variation. *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15(12):2984–93.
11. Despres JP, Couillard C, Gagnon J, Bergeron J, Leon AS, Rao DC, et al. Race, visceral adipose tissue, plasma lipids, and lipoprotein lipase activity in men and women: the Health, Risk Factors, Exercise Training, and Genetics (HERITAGE) family study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol [Internet]*. 2000;20(8):1932–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10938014>



12. Naboush A, Hamdy O. Measuring visceral and hepatic fat in clinical practice and clinical research. *Endocr Pract* [Internet]. 2013;19(4):587–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23425646>
13. Armellini F, Zamboni M, Robbi R, Todesco T, Rigo L, Bergamo-Andreis IA, et al. Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized tomography. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1993;17(4):209–14.
14. Després JP, Prud'homme D, Pouliot MC, Tremblay A, Bouchard C. Estimation of deep abdominal adipose-tissue accumulation from simple anthropometric measurements in men. *Am J Clin Nutr*. 1991;54(3):471–7.
15. Dervaux N, Wubuli M, Megnien JL, Chironi G, Simon A. Comparative associations of adiposity measures with cardiometabolic risk burden in asymptomatic subjects. *Atherosclerosis*. 2008;201(2):413–7.
16. Fosbøl MØ, Zerahn B. Contemporary methods of body composition measurement. *Clin Physiol Funct Imaging* [Internet]. 2014;1–17. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24735332>
17. Browning LM, Mugridge O, Chatfield MD, Dixon AK, Aitken SW, Joubert I, et al. Validity of a new abdominal bioelectrical impedance device to measure abdominal and visceral fat: comparison with MRI. *Obesity (Silver Spring)*. 2010;18(12):2385–91.
18. Zamrazilová H, Hlavatý P, Dusátková L, Sedláčková B, Hainerová IA, Kunesová M, et al. [A new simple method for estimating trunk and visceral fat by bioelectrical impedance: comparison with magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry in Czech adolescents]. *Cas Lek Cesk*. 2010;149(9):417–22.
19. Thomas EL, Collins AL, McCarthy J, Fitzpatrick J, Durighel G, Goldstone AP, et al. Estimation of abdominal fat compartments by bioelectrical impedance: the validity of the ViScan measurement system in comparison with MRI. *Eur J Clin Nutr*. 2010;64(5):525–33.
20. Mousa U, Kut A, Bozkus Y, Cicek Demir C, Anil C, Bascil Tutuncu N. Performance of abdominal bioelectrical impedance analysis and comparison with other known parameters in predicting the metabolic syndrome. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2013;121(7):391–6.
21. Alberti KGMM, Zimmet P, Shaw J. Metabolic syndrome--a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med*. 2006;23(5):469–80.
22. Bellido D, López de la Torre M, Carreira J, de Luis D, Bellido V, Soto A, Luengo LM, Hernández A, Vidal J, Becerra A BM. Anthropometric measures of central abdominal fat and discriminant capacity for metabolic syndrome in a Spanish population. *Clin Investig Arter*. 2013;25(3):105–9.

23. Marcuello C, Calle-Pascual AL, Fuentes M, Runkle I, Rubio MA, Montañez C, et al. Prevalence of the metabolic syndrome in Spain using regional cutoff points for waist circumference: The di@bet.es study. *Acta Diabetol.* 2013;50(4):615–23.
24. Fernández-Bergés D, Félix-Redondo FJ, Lozano L, Pérez-Castán JF, Sanz H, Cabrera De León A, et al. [Prevalence of metabolic syndrome estimated with the new World Health Organization recommendations. The HERMEX study]. *Gac Sanit* [Internet]. 2011;25(6):519–24. Available from: [http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-91112011000600014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112011000600014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt) \n <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21803460>
25. Millan S, Samaniego-Sanchez C, Romero A, Quesada-Granados JJ, de la Serrana H. Metabolic syndrome and nutrition in a Granada's tropical coast population. *Nutr Hosp.* 2013;28(4):1190–4.
26. Calbo Mayo JM, Terrance de Juan I, Fernández Jiménez P, Rodríguez Martín MJ, Martínez Díaz V, Santisteban López Y, et al. Prevalence of metabolic syndrome in the province of Albacete (Spain). *Rev Clin Esp.* 2007;207(2):64–8.
27. Martínez-Larrad MT, Fernández-Pérez C, Corbatón-Anchuelo A, Gabriel R, Lorenzo C S-RM. Metabolic syndrome, adiponectin, and cardiovascular risk in Spain (the Segovia study): impact of consensus societies criteria. *Metab Syndr Relat Disord* [Internet]. 2013;11(5):309–18. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23734759>
28. Soto González A, Bellido Guerrero D, Buño Soto M, Pértega Díaz S, De Luis D, Lopez de la Torre M, et al. Does the prevalence of the metabolic syndrome improve by applying the International Diabetes Federation criteria? *Public Health Nutr.* 2007;10(10A):1173–80.
29. Ascaso JF, Millan J, Mateo-Gallego R, Ruiz A, Suarez-Tembra M, Borrallo RM, et al. Prevalence of metabolic syndrome and cardiovascular disease in a hypertriglyceridemic population. *Eur J Intern Med.* 2011;22(2):177–81.
30. Gomez-Huelgas R, Bernal-López MR, Villalobos A, Mancera-Romero J, Baca-Osorio AJ, Jansen S, et al. Hypertriglyceridemic waist: an alternative to the metabolic syndrome? Results of the IMAP Study (multidisciplinary intervention in primary care). *Int J Obes (Lond).* 2011;35(2):292–9.
31. Rodríguez Bernardino A, García Polavieja P, Reviriego Fernández J, Serrano Ríos M. [Prevalence of metabolic syndrome and consistency in its diagnosis in type 2 diabetic patients in Spain]. *Endocrinol Nutr* [Internet]. 2010;57(2):60–70. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20153706>
32. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A CL. International Standards for Anthropometric Assessment. Potchefstroom (South Africa): International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK).; 2006.
33. National Cholesterol Education Program. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment

- of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*. 2002;106:3143–421.
34. Chobanian A V., Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL, et al. Seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension*. 2003. p. 1206–52.
  35. Alberti KGMM, Zimmet P, Shaw J. International Diabetes Federation: a consensus on Type 2 diabetes prevention. *Diabet Med*. 2007;24(5):451–63.
  36. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* [Internet]. 2000;894:i – xii, 1–253. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11234459>
  37. Mateo-Gallego R, Bea AM, Jarauta E, Perez-Ruiz MR, Civeira F. Age and sex influence the relationship between waist circumference and abdominal fat distribution measured by bioelectrical impedance. *Nutr Res*. 2012;32(6):466–9.
  38. Fox CS, Massaro JM, Hoffmann U, Pou KM, Maurovich-Horvat P, Liu CY, et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: Association with metabolic risk factors in the framingham heart study. *Circulation*. 2007;116(1):39–48.
  39. Baudrand R, Domínguez JM, Tabilo C, Figueroa D, Jimenez M, Eugenin C, et al. The estimation of visceral adipose tissue with a body composition monitor predicts the metabolic syndrome. *J Hum Nutr Diet*. 2013;26(SUPPL.1):154–8.
  40. Lean ME, Han TS, Morrison CE. Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *BMJ*. 1995;311(6998):158–61.
  41. Casanueva FF, Moreno B, Rodríguez-Azaredo R, Massien C, Conthe P, Formiguera X, et al. Relationship of abdominal obesity with cardiovascular disease, diabetes and hyperlipidaemia in Spain. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2010;73(1):35–40.
  42. Bener A, Yousafzai MT, Darwish S, Al-Hamaq AOAA, Nasralla EA, Abdul-Ghani M. Obesity index that better predict metabolic syndrome: Body mass index, waist circumference, waist hip ratio, or waist height ratio. *J Obes*. 2013;2013.
  43. Okauchi Y, Nishizawa H, Funahashi T OY. Reduction of visceral fat is asociated with decrease in the number of metabolic risk factors in Japanese men. *Diabetes Care*. 2007;30:2392–4.
  44. Fernández-Vázquez R, Correas-Gómez L CE, Alvero-Cruz JR. Importancia clínica, métodos diagnósticos y efectos del ejercicio físico sobre la grasa visceral. *Arch Med del Deport*. 2014;31(6):414–21.
  45. Sáyago-Ayerdi SG, Vaquero MP, Schultz-Moreira A, Bastida S S-MS. Utilidad y controversias del consumo de ácidos grasos de cadena media sobre el metabolismo lipoproteico y la obesidad. *Nutr Hosp*. 2008;23(3):191–202.

46. Fischer K, Pick JA, Moewes D NU. Qualitative aspects of diet affecting visceral and subcutaneous abdominal adipose tissue: a systematic review of observational and controlled intervention studies. *Nutr Rev.* 2015;73(4):191–215.

## Estudio 2

---

Acceptado en Nutrición Hospitalaria - 2015

*Catálogo Journal Citation Reports, Impact Factor: 1.04*



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

***Effects of food and beverages on body composition variables of abdominal bioelectrical impedance***

Efectos de la comida y la bebida sobre las variables de composición corporal en la bioimpedancia abdominal

Rosalía Fernández Vázquez<sup>1</sup>, Javier Martínez Blanco<sup>2</sup>, María del Mar García Vega<sup>3</sup>, Miguel Ángel Barbancho<sup>1,4</sup>, José Ramón Alvero-Cruz<sup>1,4</sup>

- 1.- Universidad de Málaga, Andalucía Tech. Dpto. de Fisiología Humana, Histología, Anatomía Patológica y Educación Física y Deportiva. Facultad de Medicina. 29071-Campus de Teatinos, Málaga. España.
- 2.- Unidad de Residencias. Centro Sociosanitario. Mijas. Consejería de Salud. Junta de Andalucía.
- 3.- Residencia SAR Isdabe. Estepona. Málaga
- 4.- Instituto de Investigaciones Biomédicas de Málaga.

Correspondencia:

José Ramón Alvero Cruz

Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte

Campus de Teatinos, Edificio López de Peñalver, Universidad de Málaga, 29071 Málaga

Tfno: 952137599

alvero@uma.es

## Abstract

**Objective:** To know the changes in trunk fat and visceral fat level determined by abdominal bioelectrical impedance (BIA) as well as other anthropometric measures related to the central or abdominal fat after the ingestion of a lunch.

**Methods:** The experimental study was conducted to assess a longitudinal intervention descriptive study. **Participants:** 21 subjects (10 male and 11 female), volunteers who have access to a medical assessment, with an age of  $74 \pm 13.43$  years. **Measurements:** Maximal waist circumference in standing position, waist circumference at navel level in supine position and sagittal abdominal diameter (SAD). In the same position trunk fat and visceral fat level by abdominal bioelectrical impedance analysis with Tanita AB-140 (ViScan) were obtained before and after meal.

**Results:** Anthropometric measures as waist circumference in supine position and SAD did not show significant differences ( $P>0.05$ ), after food ingestion, except for a significant increase of the maximal waist circumference in standing position ( $P< 0.05$ ). In addition trunk fat and visceral fat ratio did not change ( $P>0.05$ ). The percentage changes of the measures were less than 2% for waist circumference in standing position, waist circumference by Viscan, sagittal abdominal diameter and trunk fat and 5.9% for visceral fat ratio.

**Conclusions:** The effects on trunk fat and visceral fat ratio by abdominal bioelectrical impedance are minimal after the ingestion of a portion of food and drink, although it is always recommended to do it in fasting conditions.

**Key words:** abdominal bioelectrical impedance, trunk fat, visceral fat, waist circumference, sagittal abdominal diameter, food effects



## Resumen

**Objetivo:** Conocer los cambios en la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral determinado por BIA abdominal, así como otras medidas antropométricas relacionadas con la grasa abdominal o central después de la ingestión de una comida.

**Métodos:** Se realizó un protocolo experimental para evaluar un estudio descriptivo de intervención longitudinal. Los participantes fueron 21 sujetos (10 hombres y 11 mujeres), voluntarios que tuvieron acceso a una evaluación médica, con una edad de 74 años  $\pm$  13,43. Las mediciones antropométricas fueron: Circunferencia de la cintura máxima en posición de pie, la circunferencia de la cintura a nivel de ombligo en posición de decúbito supino y diámetro sagital abdominal (SAD). Además se obtuvo la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, por análisis de impedancia bioeléctrica abdominal con un dispositivo Tanita AB-140 (ViScan), todo ello antes y después de una ración de comida.

**Resultados:** Las medidas antropométricas como la circunferencia de la cintura en posición supina y SAD no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), después de la ingestión de alimentos, a excepción de un aumento significativo de la circunferencia de la cintura máxima en posición de pie ( $P < 0.05$ ). Además, la relación entre la grasa visceral y en tronco no cambió ( $P > 0.05$ ). Los cambios porcentuales de las medidas fueron menores del 2% para la circunferencia de la cintura en posición de pie, para la circunferencia de cintura por ViScan, diámetro sagital abdominal y grasa del tronco y un 5,9% para el nivel de grasa visceral.

**Conclusiones:** Los efectos de una comida y bebida sobre la grasa del tronco y el nivel de grasa visceral, medidas por impedancia bioeléctrica abdominal son mínimas, aunque siempre es recomendable hacerlo en condiciones de ayuno.

**Palabras clave:** Impedancia bioeléctrica abdominal, grasa de tronco, nivel de grasa visceral, circunferencia de cintura, diámetro sagital abdominal, efectos de la comida.

## Abbreviations

**BIA:** Bioelectrical impedance analysis

**FFM:** Fat-free mass

**FM:** Fat mass

**ISAK:** International Society for Advancement in Kinanthropometry.

**Khz:** kilohertz,

**Kj:** Kilojoules,

**Kcal:** kilocalorías

**R:** Resistance ( $\Omega$ )

**SAD:** Sagittal abdominal diameter

## Introducción

El término de bioimpedancia eléctrica (BIA) fue introducido por primera vez en los años 50. Thomasset, fue el primero en relacionar el agua corporal total con la impedancia corporal. Las estimaciones de la composición corporal, mediante la BIA, se basan en las diferentes propiedades dieléctricas y conductivas de los tejidos corporales, a diferentes frecuencias. La BIA monofrecuencia, utiliza la frecuencia de 50 kHz, para medir la impedancia y estimar la composición corporal. La BIA multifrecuencia, se desarrolló por la necesidad de conocer la distribución de los líquidos extra e intracelulares celulares (agua extracelular e intracelular)

La BIA es un método de fácil aplicación e utilización en todos los contextos, para la determinación de la composición corporal, sin embargo las medidas de BIA están normalizadas bajo una serie de condiciones (Alvero-Cruz JR, Correas-Gómez L, Ronconi M & Fernández Vázquez R, 2011) y este método es sensible a la influencia de diferentes factores, por ejemplo la temperatura, (Caton, Molé, Adams, & Heustis, 1988; Gudivaka D. Kushner, R. F., 1996), la ingestión de alimentos y bebidas y el ejercicio físico y la sudoración, entre otros (Demura S, Yamaji S, Goshi F, 2002), o los cambios de posición (F Slinde, Bark, Jansson, & Rossander-Hulthén, 2003). Estas situaciones fisiológicas, son importantes tenerlas en cuenta, cuando se comparan estudios de diferentes autores y sobre

todo cuando tenemos comparaciones repetidas en estudios de evaluación y seguimiento de la composición corporal. (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gómez, et al., 2004; Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Manuel Gómez, et al., 2004)

Existen estudios que demuestran los efectos de la comida y la bebida sobre la bioimpedancia corporal (Deurenberg, Weststrate, Paymans, & van der Kooy, 1988; Gallagher, Walker, & O'Dea, 1998). Dentro de las 4 horas tras la comida, esta, tiene un efecto de disminución de la impedancia, representando un error, relativamente pequeño, de hasta el 3%. Este mismo porcentaje de cambio también puede ser del 3% tras estar en decúbito supino 60 min.

Recientemente se han desarrollado instrumentos de bioimpedancia abdominal, que son capaces de estimar la grasa de tronco y los niveles de grasa visceral (Thomas et al., 2010; Zamrazilová et al., 2010), pero no se conocen, los efectos de la comida y/o la bebida, sobre los resultados que ofrece este instrumento de bioimpedancia abdominal. Las medidas de grasa localizada en el tronco y en especial la llamada grasa visceral se relacionan con el síndrome metabólico (Gomez-Huelgas et al., 2011; Kuk et al., 2006) y por ello, se destaca, la importancia de su cuantificación en grupos de riesgo.

La circunstancia que nos obligó a comprobar dichos cambios, se relaciona con el hecho de que algunos pacientes y residentes debían ser evaluados en un día en cuestión y por obligaciones horarias, estas personas pasaban a comer, haciendo que existiera disparidad en las condiciones de medición, por ello, el objetivo del presente trabajo fue comprobar, los cambios producidos en la grasa de tronco y nivel de grasa visceral, determinados por BIA, así como, sobre otras medidas antropométricas relacionadas con la grasa central o abdominal, debidos a la ingestión de una ración de comida.

## Material y métodos

### Sujetos

Han participado en el estudio 21 sujetos (10 varones y 11 mujeres) de  $74,0 \pm 13,43$  años de edad. Eran personas institucionalizadas en Residencias de Mayores y estaban sometidas a estrictos horarios. Todos ellos, fueron capaces de recibir y comprender la información detallada del estudio a realizar –en el marco de un reconocimiento médico– por parte del Centro Socio-Sanitario de la Costa del Sol (Consejería de Salud de la Junta de

Andalucía de Málaga) y firmaron por el responsable médico, el consiguiente consentimiento informado. Antes de la realización de la BIA se les indicó la necesidad de orinar. El estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Málaga y se respetaron los principios de Helsinki para la investigación en seres humanos.

#### Diseño metodológico

Los participantes fueron medidos por técnicas antropométricas y BIA abdominal, antes y después de comer y en el mismo orden accedían al comedor y a la segunda medición. El tiempo medio entre mediciones fue de  $46,2 \pm 3,4$  min. Todas las medidas antropométricas y de BIA abdominal se recogieron por duplicado, computándose el valor medio.

#### Antropometría

Se realizaron medidas de la circunferencia abdominal máxima a nivel de las crestas ilíacas, el perímetro de los glúteos a nivel de la máxima protuberancia de los mismos y por delante a nivel de la sínfisis púbica, con una cinta métrica Cescorf, con precisión de 0,1 cm (Cescorf, Brasil). Así mismo en decúbito supino se midió el diámetro sagital abdominal con un antropómetro de ramas rectas Holtain (Holtain, Chrymich, England) de precisión 0,1 cm. Las medidas antropométricas fueron medidas por duplicado, computándose el valor medio. El coeficiente de correlación intraclase fue superior a 0.97 para todas las medidas. Las medidas antropométricas fueron obtenidas de acuerdo a las recomendaciones de la International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK) (Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, 2006)

#### Bioimpedancia abdominal

Se realizó mediante el modelo AB-140, ViScan® (Tanita, Japan). Con el sujeto en decúbito supino, sobre una camilla no metálica, se midió inicialmente el perímetro abdominal a nivel del ombligo, según protocolo de medición, del instrumento y por indicaciones del fabricante, mediante la proyección de una luz, en el plano coronal y un punto central sobre la cicatriz umbilical (omphalion). Los valores de grasa de tronco y nivel de grasa visceral fueron obtenidos, tras colocar un cinturón con cuatro electrodos, centrado y dispuesto a nivel del ombligo. Los valores de composición corporal fueron derivados por extrapolación de las medidas de impedancia (de 6,25 a 50 Khz) resultando valores de grasa

de tronco, expresados en valor porcentual (rango de 0-75%) y un nivel de grasa visceral, expresado como *fat visceral ratio* (en unidades numéricas arbitrarias, de 1 a 59).

#### Dieta

El menú de los participantes, consistió en un plato de lentejas con arroz, merluza con ensalada y una pera. (3.495 Kj). La cantidad media de agua ingerida por sujeto, fue de  $300 \pm 247$  mL de agua.

#### Análisis estadístico

Los valores han sido expresados como media  $\pm$  desviación estándar. Un análisis estadístico descriptivo fue realizado, para todas las variables cuantitativas y un análisis de la normalidad en la distribución de la muestra, se realizó mediante el test de Shapiro-Wilk. La normalidad de la misma, hizo que se realizara un estudio paramétrico de asociación entre variables, mediante el coeficiente de correlación de Pearson. El coeficiente de correlación intraclase se calculó, para comprobar la fiabilidad de las medidas antropométricas. Un análisis mediante la *T* de Student para datos apareados se realizó para comparar los valores medios entre momentos (antes y después). Así mismo se comprobó el tamaño del efecto, calculado a partir de los datos y es una estadística descriptiva que transmite la magnitud. El coeficiente de Cohen es el índice que nos muestra la capacidad de demostrar algún cambio (Cohen's *d*). (Husted, Cook, Farewell, & Gladman, 2000; Norman, Wyrwich, & Patrick, 2007). Valores del coeficiente de Cohen de 0,2-0,3 se consideran bajos, sobre 0,5 un valor medio y de 0,8 a infinito, un valor grande. (Cohen, 1992). El estudio estadístico, se realizó mediante el programa MedCalc para Windows versión 14.12.0 (Mariakerke, Belgium) y se consideró el nivel de significación para una  $P < 0,05$  para todos los casos.

## Resultados

En la Tabla I, se describen las variables estudiadas, las cuales no presentan diferencias significativas, después de la ingestión de la comida ( $P > 0.05$ ), excepto el aumento del perímetro abdominal máximo en bipedestación ( $P < 0.05$ )

Tabla I

*Cambios antropométricos y de BLA abdominal tras la ingestión de comida*

Variable		Before	After	<i>P</i>
<b>Max Abd circumference</b>	cm	101,71 ± 15,80	102,8 ± 14,96	0,007
<b>Abd circumf. Viscan</b>	cm	100,55 ± 11,84	101,7 ± 12,14	0,170
<b>SAD</b>	cm	23,29 ± 4,73	23,55 ± 5,08	0,258
<b>Trunk fat</b>	%	38,05 ± 8,70	37,3 ± 9,24	0,464
<b>Visceral fat ratio</b>		13,50 ± 5,05	14,35 ± 5,10	0,068

Max: maximal; Abd: Abdominal, SAD: Sagittal abdominal diameter

Así mismo el análisis del tamaño del efecto, demuestra que los coeficientes *d*, son muy bajos ( $< 0,20$ ), (Table II)

Table II

*Diferencias y tamaño de efecto de los cambios antropométricos y de BLA abdominal tras la ingestión de comida*

Variable	Difference	SD of differences	Cohen's d
<b>Max Abd circumference</b>	1,055	1,56	0,068
<b>Abd circumf Viscan</b>	1,15	3,60	0,095
<b>SAD</b>	0,265	1,01	0,054
<b>Trunk fat</b>	-0,75	4,48	-0,083
<b>Visceral fat ratio</b>	0,85	1,96	0,167

Max: maximal; Abd: Abdominal, SAD: Sagittal abdominal diameter, SD : Standard deviation

## Discusión

Los resultados de la presente investigación muestran, que una ración de comida y bebida, no producen cambios significativos en las variables antropométricas y de composición corporal por bioimpedancia abdominal. Los cambios tanto en las medidas antropométricas y de bioimpedancia abdominal son muy pequeños y no significativos.

Es bien cierto que se han recomendado normas prácticas de utilización de la BIA acerca de la manipulación del equipo y uso de electrodos adecuados así como recomendaciones sobre su realización, como evitar el contacto con metales y campos magnéticos, medir la talla y el peso cada vez que se realice la prueba y efectuar la prueba con el sujeto en posición supina, manteniendo la abducción de 35° en miembros superiores y de 45° en miembros inferiores (Alvero-Cruz JR, Correas-Gómez L, Ronconi M & Vázquez R, 2011). Estas recomendaciones descritas, son para la impedancia de cuerpo entero y no es necesario introducir el peso o la talla del individuo en la BIA abdominal.

Existen descritas, variaciones de la impedancia corporal, con la posición de decúbito supino (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Manuel Gómez, et al., 2004; F Slinde et al., 2003). La pequeña variación de la BIA abdominal, no puede haber sido debida a la posición de decúbito supino, pues en la BIA realizada, la obtención de los resultados, no requiere más de 100-120 segundos.

Los efectos de la comida, sobre la resistencia corporal, pueden durar varias horas, inclusive hasta que no se produce el ayuno nocturno (Frode Slinde & Rossander-Hulthén, 2001). Los cambios de la bioimpedancia con la comida producen disminución de la resistencia y están probablemente relacionados al aumento y a los cambios de los diferentes fluidos y electrolitos, así como su distribución, que siguen a la absorción y digestión de la comida. (Gallagher et al., 1998) y además la disminución de los valores de la impedancia son mayores, cuanto mayor es la cantidad de comida ingerida (Frode Slinde & Rossander-Hulthén, 2001)

El efecto de la comida sobre la BIA, tras una hora, demuestra disminuciones de la grasa de tronco y esta circunstancia, estaría en concordancia con la disminución de la resistencia corporal. A mayor medición de líquidos, hay una mayor asunción de agua y masa libre de grasa y por ello una disminución de la grasa. (Deurenberg et al., 1988; Kushner, Gudivaka, & Schoeller, 1996; Frode Slinde & Rossander-Hulthén, 2001). Normalmente se producen cambios, menores al 3% de grasa, lo cual estaría en consonancia con el presente estudio. (Kushner et al., 1996). Las variaciones porcentuales de las medidas

antropométricas y de BIA, en el presente estudio, son menores al 2%. Estas mismas son consideradas muy bajas, pues las variaciones entre días bajo las mismas condiciones como el ayuno, en el transcurso de la mañana o tras vaciar la vejiga urinaria, se comprueban variaciones menores del 3% (Deurenberg et al., 1988)

Hay que tener en cuenta que el decúbito supino o el reposo producen una disminución de la BIA, con un aumento del porcentaje graso. Las diferencias en el porcentaje graso pueden llegar hasta el 10%. Los cambios en el nivel de grasa visceral han sido del 6.3%, aunque con un comprobado, pequeño tamaño del efecto y sin significación estadística.

El BIA abdominal mide la grasa de tronco, que está muy relacionada con la grasa intraabdominal total y con la grasa subcutánea, sin embargo el nivel de grasa visceral se relaciona a la grasa intraabdominal (Thomas et al., 2010). Los valores de grasa abdominal medidos por BIA tienen una buena concordancia con DXA como método de referencia (Manios Y, Kanellakis S, Moschonis G, Pipidis I, Skoufas E, 2013)

Los estudios de BIA deben respetar la metodología estandarizada para optimizar las medidas. Una vez más, parece que el factor más influyente en la variación de los valores de la BIA es la ingesta de alimentos y de bebida y no a la redistribución de los líquidos determinada por los cambios ortostáticos.

## Conclusiones

Este estudio muestra que las medidas de bioimpedancia abdominal, no produce variaciones en los resultados de la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, por lo cual se puede utilizar en las condiciones referidas en el estudio sin tener variaciones en las variables resultado.

## Agradecimientos

Este estudio ha sido realizado con fondos de la Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte de la Universidad of Málaga y de la Escuela Internacional de Postgrado y Doctorado of Universidad de Málaga



## Bibliografía

- Alvero-Cruz JR, Correas-Gómez L, Ronconi M, F., & Vázquez R, P. i M. J. (2011). Bioelectrical impedance analysis as a method of body composition estimation: a practical approach. *Rev And Med Deporte*, 4(4), 167–174.
- Caton, J. R., Molé, P. A., Adams, W. C., & Heustis, D. S. (1988). Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), 489–491.
- Cohen, J. (1992). Quantitative Methods in Psychology- A Power Primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155–159. doi:10.1038/141613a0
- Demura S, Yamaji S, Goshi F, N. Y. (2002). The influence of transient change of total body water on relative body fats based on three bioelectrical impedance analyses methods. Comparison between before and after exercise with sweat loss, and after drinking. *J Sports Med Phys Fitness*, 42(1), 39–44.
- Deurenberg, P., Weststrate, J. A., Paymans, I., & van der Kooy, K. (1988). Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *European Journal of Clinical Nutrition*, 42(12), 1017–1022.
- Gallagher, M., Walker, K. Z., & O’Dea, K. (1998). The influence of a breakfast meal on the assessment of body composition using bioelectrical impedance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52(2), 94–97. doi:10.1038/sj.ejcn.1600520
- Gomez-Huelgas, R., Bernal-López, M. R., Villalobos, A., Mancera-Romero, J., Baca-Osorio, A. J., Jansen, S., ... Serrano-Ríos, M. (2011). Hypertriglyceridemic waist: an alternative to the metabolic syndrome? Results of the IMAP Study (multidisciplinary intervention in primary care). *International Journal of Obesity (2005)*, 35(2), 292–299. doi:10.1038/ijo.2010.127
- Gudivaka D. Kushner, R. F., R. S. (1996). Effect of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. *Journal of Applied Physiology*, 81(2), 838–845. Retrieved from <http://jap.physiology.org/content/81/2/838.abstract>
- Husted, J. A., Cook, R. J., Farewell, V. T., & Gladman, D. D. (2000). Methods for assessing responsiveness: a critical review and recommendations. *Journal of Clinical Epidemiology*, 53(5), 459–468. doi:10.1016/S0895-4356(99)00206-1
- Kuk, J. L., Katzmarzyk, P. T., Nichaman, M. Z., Church, T. S., Blair, S. N., & Ross, R. (2006). Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 14(2), 336–341. doi:10.1038/oby.2006.43
- Kushner, R. F., Gudivaka, R., & Schoeller, D. A. (1996). Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3 Suppl), 423S–427S.

- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., ... Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 23(5), 1226–1243. doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gómez, J., ... Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 23(6), 1430–1453. doi:10.1016/j.clnu.2004.09.012
- Manios Y, Kanellakis S, Moschonis G, Pipidis I, Skoufas E, Z. V. (2013). Estimation of abdominal fat mass: validity of abdominal bioelectrical impedance analysis and a new model based on anthropometry compared with dual-energy x-ray absorptiometry. *Menopause*, 20(12), 1280–3.
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, C. L. (2006). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom (South Africa): International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK).
- Norman, G. R., Wyrwich, K. W., & Patrick, D. L. (2007). The mathematical relationship among different forms of responsiveness coefficients. *Quality of Life Research*, 16(5), 815–822. doi:10.1007/s11136-007-9180-x
- Slinde, F., Bark, A., Jansson, J., & Rossander-Hulthén, L. (2003). Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12 h in the supine position. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 22(2), 153–157. doi:10.1054/clnu.2002.0616
- Slinde, F., & Rossander-Hulthén, L. (2001). Bioelectrical impedance: Effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74(4), 474–478.
- Thomas, E. L., Collins, A. L., McCarthy, J., Fitzpatrick, J., Durighel, G., Goldstone, A. P., & Bell, J. D. (2010). Estimation of abdominal fat compartments by bioelectrical impedance: the validity of the ViScan measurement system in comparison with MRI. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(5), 525–533. doi:10.1038/ejcn.2010.237
- Zamrazilová, H., Hlavatý, P., Dusátková, L., Sedláčková, B., Hainerová, I. A., Kunesová, M., ... Hainer, V. (2010). [A new simple method for estimating trunk and visceral fat by bioelectrical impedance: comparison with magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry in Czech adolescents]. *Casopis Lekarů Ceských*, 149(9), 417–422.

## Estudio 3

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Relaciones de la adiposidad abdominal en ancianos con síndrome metabólico

*Relationships of abdominal adiposity in elderly adults with metabolic syndrome*

Rosalía Fernández Vázquez<sup>1</sup>, Javier Martínez Blanco<sup>2</sup>, María del Mar García Vega<sup>3</sup>, Juan Antonio García Lavigne<sup>4</sup>, María Victoria Rodríguez Linares<sup>2</sup>, José Ramón Alvero-Cruz<sup>1,5</sup>

- 1.- Universidad de Málaga, Andalucía Tech. Dpto. de Fisiología Humana, Histología, Anatomía Patológica y Educación Física y Deportiva. Facultad de Medicina. 29071-Campus de Teatinos, Málaga. España.
- 2.- Unidad de Residencias del Distrito Sanitario Costa del Sol. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía-Málaga.
- 3.- Residencia Sarquavitae Isdabe. Estepona. Málaga
- 4.- Residencia Seniors. Marbella. Málaga
- 5.- Instituto de Investigaciones Biomédicas de Málaga.

Correspondencia:

José Ramón Alvero Cruz

Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte

Campus de Teatinos, Edificio López de Peñalver, Universidad de Málaga, 29071 Málaga

Tfno.: 952137599; [alvero@uma.es](mailto:alvero@uma.es)

## Introducción

El síndrome metabólico (MetS) se caracteriza por la agrupación de factores de riesgo cardiovascular que incluyen hiperglucemia, presión arterial elevada, triglicéridos elevados, bajos niveles de HDL-colesterol y obesidad (particularmente la adiposidad central o abdominal)(K G M M Alberti, Zimmet, & Shaw, 2006; K.G.M.M. Alberti et al., 2009).

Diversos autores han reconocido que la adiposidad central o abdominal (Janssen, Heymsfield, Allison, Kotler, & Ross, 2002) está asociada a factores de riesgo cardiovascular, como la intolerancia a la glucosa, la hipertensión y la dislipidemia. (Eckel, Alberti, Grundy, & Zimmet, 2010; Eckel & Cornier, 2014). Los vínculos fisiopatológicos incluyen la inflamación, un excesivo estrés oxidativo y resistencia a la insulina.

Un excesivo almacenamiento de triglicéridos (TG) en las células adiposas, debido al incremento del peso corporal, induce cambios en el tejido adiposo, con descensos en la producción de adiponectina y aumento en la producción de TNF- $\alpha$  e IL-6, así como otras adipoquinas. Estas alteraciones son conocidas como la “adiposopatía”. (Bays, Abate, & Chandalia, 2005)

Para la identificación clínica de la obesidad central, el parámetro más comúnmente utilizado es el perímetro abdominal, sin embargo este no es capaz de distinguir entre la grasa subcutánea o visceral (omental y mesentérica) (Pouliot et al., 1994) y tiene una gran significación desde el punto de vista de la sensibilidad a la insulina, su actividad lipolítica y la producción de adipoquinas que juegan un papel fundamental en la enfermedad cardiovascular (Mathieu et al., 2008).

Los métodos de referencia como la resonancia magnética y la tomografía computarizada (TAC) son considerados como los métodos de referencia, para la cuantificación del tejido adiposo visceral y subcutáneo, (Després, 2006) pero estos, no están disponibles en la rutina diaria.

Las medidas antropométricas se muestran como indicadores clínicos de fácil obtención en la medicina primaria y para el seguimiento. También existen otros sistemas como la bioimpedancia abdominal, que permite aproximarnos a esas determinaciones de grasa visceral y de tronco, relacionadas con el síndrome metabólico y el riesgo cardiovascular.

Además y con el fin de predecir alteraciones del tejido adiposo (disfunción adiposa visceral), se ha desarrollado el Índice de Adiposidad Visceral (VAI) (Amato et al., 2010), se

trata de un modelo matemático que utiliza medidas antropométricas como el índice de masa corporal, el perímetro abdominal y parámetros bioquímicos (triglicéridos y colesterol HDL). Este índice expresa la función de la grasa visceral y muestra una gran asociación independiente con los sucesos cardiovasculares y cerebrales y su poder predictivo es muy potente con la diabetes, mayor que sus componentes individuales (PAbd, IMC, TG y HDL). Otro índice de reciente aplicación clínica es el LAP (Lipid Accumulation Product) que se ha asociado como una variable predictora a la mortalidad y enfermedad cardiovascular (Kahn, 2005)

No existen demasiados trabajos que evalúen la precisión de estos índices en personas adultas de edad avanzada y en ambos sexos, por ello el objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la relación de la grasa de tronco y del índice de grasa visceral, con el síndrome metabólico en sujetos de edad avanzada así como identificar la relación de índices bioquímicos de disfunción adiposa visceral con el mismo síndrome metabólico.

## Métodos

### Participantes

Participaron en este estudio de tipo transversal, 210 sujetos (131 mujeres de  $84,3 \pm 7,3$  años de edad, de  $63,4 \pm 13$  kg de peso;  $151,8 \pm 6,9$  cm de talla y  $27,5 \pm 5,5$  kg/m<sup>2</sup> de índice de masa corporal y 79 varones de  $81,5 \pm 7,3$  años de edad, de  $68,5 \pm 14$  kg;  $162,5 \pm 8,4$  cm de talla y  $26 \pm 5,1$  kg/m<sup>2</sup> de índice de masa corporal). Todos los participantes, eran personas institucionalizadas en residencias y recibieron información detallada previamente del estudio a realizar, dentro de un reconocimiento médico rutinario y firmaron el consiguiente consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Málaga y se respetaron los principios de Helsinki para la investigación en seres humanos.

### Valoración antropométrica

El peso se midió en una báscula electrónica calibrada Seca 813 (Hamburg, Germany) de precisión 100 g. La talla fue medida en un estadiómetro de pared Seca 216 (Hamburg, Germany) con una precisión de 0,1 cm. Se calcularon los índices antropométricos: índice de masa corporal (IMC): Peso en kg /Talla en metros al

cuadrado), Índice cintura-cadera: (ICC): Perímetro abdominal máximo en cm/perímetro glúteo en cm, e índice cintura-altura: (ICA): Perímetro abdominal máximo en cm/altura en cm. El diámetro sagital abdominal: en decúbito supino sobre camilla plana no metálica. La medición se realizó con un antropómetro de ramas rectas Holtain, (Crymych, England) de precisión 1 mm.

Pliegues de Grasa en mm: Se midieron con un caliper Holtain (Crymych, England) de precisión 0,2 mm.: Cresta Iliaca: Pliegue horizontal por encima de la cresta iliaca derecha, Supraespinal: Pliegue oblicuo en la confluencia de las líneas: pliegue axilar anterior- EIAS (espinia ilíaca anterosuperior) y la línea horizontal que pasa por la referencia *crestale*; Abdominal: A 5 cm de la cicatriz umbilical, un pliegue vertical.

Perímetros: Todos los perímetros se midieron con una cinta métrica con precisión de 0,1 cm (Lufkin, modelo W606PM, Cooper Tools, México). Se midieron la circunferencia abdominal máxima a nivel de las crestas ilíacas, el perímetro glúteo a nivel de la máxima protuberancia de los mismos y por delante a nivel de la sínfisis púbica.

Las medidas antropométricas fueron obtenidas de acuerdo a las recomendaciones de la International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK)(Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, 2006) y todas por duplicado, computándose el valor medio.

#### *Determinaciones bioquímicas*

Los niveles de glucosa, colesterol total, HDL-colesterol y triglicéridos fueron analizados en muestras de plasma, tras 12 horas de ayuno, en un auto-analizador computarizado de espectrofotometría Advia 2400 (Siemens HealthCare Diagnostics, USA)



*Índices de función adiposa*

1.- Índice TG/HDL: Triglicéridos/HDL colesterol.

Ha sido postulado como un instrumento útil para predecir eventos cardiovasculares y para identificar a los individuos con resistencia a la insulina y con mayor riesgo cardiovascular; particularmente, aquellos con un valor  $\geq 3,5$  (McLaughlin et al., 2005)

2.- Índice LAP: Producto de acumulación lipídica. (Kahn & Valdez, 2003). Este índice se calculó como sigue:

**Mujeres: (perímetro abdominal (cm)– 58) x TG (mmol/L)**

**Hombres: (perímetro abdominal (cm)– 65) x TG (mmol/L)**

Este índice fue creado para describir la conexión entre la acumulación de grasa visceral y el empeoramiento del metabolismo de los triglicéridos

3.- VAI: Índice Adiposo Visceral (Amato et al., 2010). : Este índice se calculó como sigue:

**Mujeres: [perímetro abdominal/36,58 + (1,89\*IMC)] x [TG/0,81] x [1,52/HDL]**

**Hombres: [perímetro abdominal/39,68 + (1,88\*IMC)] x [TG/1,03] x [1,31/HDL]**

dónde el perímetro abdominal es en cm, el IMC en  $\text{kg}/\text{m}^2$ , los TG y HDL en mmol/L

4.- BAI: Índice Adiposo Corporal (Bergman et al., 2011): Este índice se calculó como sigue:

**BAI= [Perímetro glúteo (cm)/Altura (m)]<sup>1,5</sup> - 18**

Este índice fue propuesto por Bergman, 2011, como un nuevo índice de adiposidad corporal

*Presión arterial*

La presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) fueron obtenidas por duplicado, con el sujeto sentado, tras 5 min de reposo, mediante un esfigmomanómetro manual estándar y un estetoscopio, computándose para el estudio el valor medio. De acuerdo al Adult Treatment Panel (ATPIII) (Stone, Bilek, & Rosenbaum, 2005), se estableció el nivel de hipertensión arterial, en valores  $\geq$  a 130 mmHg., para la PAS y  $\geq$  a 85 mmHg., para la PAD.

### *Bioimpedancia abdominal*

Se realizó mediante el modelo AB-140, ViScan® (Tanita, Japan). Con el sujeto en decúbito supino, sobre una camilla no metálica, se midió inicialmente el perímetro abdominal a nivel del ombligo, según protocolo del instrumento y por indicaciones del fabricante, mediante la proyección de una luz, en el plano coronal. Esta medida de perímetro abdominal no fue utilizada para los cálculos ni para el análisis de los resultados. Los valores de grasa de tronco y nivel de grasa visceral fueron obtenidos, tras disponer un cinturón con cuatro electrodos, centrado y dispuesto a nivel del ombligo. Los valores de composición corporal fueron derivados por extrapolación de las medidas de impedancia (de 6,25 a 50 KHz) resultando valores de grasa de tronco, expresados en valor porcentual (rango de 0-75%) y un nivel de grasa visceral, expresado como *fat visceral ratio* (IGV) (en unidades arbitrarias, de 1 a 59).

### *Factores de riesgo y definición de síndrome metabólico*

El síndrome metabólico fue definido, bajo el consenso de la International Diabetes Federation (IDF) (K G M M Alberti et al., 2006) y la American Heart Association (AHA) y la National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) con la forma de presentación de obesidad abdominal de 94 cm, para personas caucásicas, más la presentación de dos o más factores, como: a) bajo HDL colesterol (< 40), b) Valores de PAS  $\geq$  130 y de PAD  $\geq$  85 mmHg, c) glucosa basal en ayunas >100 mg/dL (K G M M Alberti, Zimmet, & Shaw, 2007; Martínez-Larrad MT, Fernández-Pérez C, Corbatón-Anchuelo A, Gabriel R, Lorenzo C, 2013; National Cholesterol Education Program, 2002)

### *Análisis estadístico*

Los valores han sido expresados como media  $\pm$  desviación estándar. Un análisis estadístico descriptivo fue realizado, para todas las variables cuantitativas y un análisis de la normalidad en la distribución de la muestra, realizado mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. La normalidad de la misma, hizo que se realizara un estudio paramétrico de asociación entre variables antropométricas, bioquímicas y con las estimadas con ViScan, mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Un estudio de curvas ROC, se realizó para seleccionar los puntos de corte, mediante el análisis, de las áreas bajo la curva (ABC), como medidas de utilidad de la variable predictora y que representa el intercambio entre la correcta identificación del alto y

el bajo riesgo de presentar la condición. Los puntos de corte se escogieron, asociados al índice J de Youden. (YOU DEN, 1950) Por último un test de Kruskal-Wallis, fue aplicado para analizar la relación entre los valores de grasa de tronco y nivel de grasa visceral con el número de factores del MetS y con la condición de tener o no el MetS

El estudio estadístico, se realizó mediante el programa MedCalc para Windows versión 14.12.0 (Mariakerke, Belgium) y se consideró el nivel de significación para una  $P < 0,05$  en todos los casos.

## Resultados

En la tabla I se destacan las características de la muestra de estudio según el género y los factores del síndrome metabólico. Un 63% son mujeres y un 37% son hombres. Un 75% de la muestra no presentan criterios de síndrome metabólico. Es destacable que un 45,7% de participantes poseen valores bajos de HDL colesterol.

Tabla I  
*Características de la muestra de estudio según género y factores del síndrome metabólico*

Participantes	Mujeres		Hombres		Total	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
	132	62,9	78	37,1	210	100
	No MetS		MetS			
<b>Presión arterial</b>	142	(67,6 %)	67	(31,9 %)	209	99,5
<b>Glucosa</b>	152	(72,4 %)	55	(26,2 %)	207	98,6
<b>Triglicéridos</b>	159	(75,4 %)	37	(17,6 %)	196	93,3
<b>HDL</b>	96	(45,7 %)	96	(45,7 %)	193	91,9
<b>MetS</b>	158	(75,2 %)	50	(23,8 %)	208	99

MetS: Síndrome metabólico

Se encuentran diferencias significativas entre mujeres y hombres en la edad, peso, talla e IMC, en el índice cintura altura, en el perímetro abdominal, perímetro glúteo, los tres pliegues de grasa subcutánea de la faja abdominal y de la grasa de tronco ( $P < 0,5$ ) (Tabla II)

Tabla II  
*Variables demográficas y antropométricas*

Variable		Mujeres			Hombres			M-W Test	
		n	Media	DE	n	Media	DE	Z	P
Edad	años	132	84,27	± 7,27	78	81,51	± 7,29	2,74	<b>0,006</b>
Peso	kg	131	63,37	± 12,98	78	68,57	± 13,96	2,69	<b>0,007</b>
Talla	cm	129	151,84	± 6,94	78	162,52	± 8,39	8,19	<b>&lt; 0,0001</b>
IMC	kg/m <sup>2</sup>	129	27,52	± 5,47	78	26,00	± 5,15	2,3	<b>0,02</b>
ICC		122	0,97	± 0,08	74	0,98	± 0,08	1,19	0,23
ICA		122	0,64	± 0,15	74	0,57	± 0,14	4,81	<b>0,01</b>
Pabd	cm	124	100,02	± 12,61	75	96,66	± 13,34	2,09	<b>0,03</b>
PAbdV	cm	125	106,70	± 12,60	74	98,57	± 11,85	4,36	<b>&lt; 0,0001</b>
Pglut	cm	123	103,45	± 11,27	75	97,88	± 9,26	3,46	<b>0,0005</b>
SAD	cm	123	21,77	± 3,85	75	21,24	± 3,91	0,79	0,42
PLAbd	mm	124	22,51	± 7,87	76	18,16	± 8,30	3,73	<b>0,002</b>
PlScres	mm	125	17,00	± 7,03	76	14,59	± 7,03	2,41	<b>0,01</b>
PlSesp	mm	125	17,90	± 7,62	76	12,46	± 6,23	4,93	<b>&lt;0,0001</b>
G Tronco	%	122	41,59	± 8,46	73	29,73	± 8,79	7,88	<b>&lt;0,0001</b>
IGV		121	12,81	± 5,18	73	15,47	± 6,34	3,04	<b>0,002</b>

IMC: Índice de masa corporal, ICC: Índice cintura cadera, ICA: Índice cintura altura, P Abd Max: Perímetro abdominal máximo, P Abd V: Perímetro abdominal Viscan, P Glúteo: Perímetro Glúteo, DSA: Diámetro sagital abdominal, PLAbd: Pliegue abdominal, PlIleoc: Pliegue ileocrestal, PlIesp: Pliegue ileoespinal, G Tronco, Grasa de tronco, IGV: Índice de grasa visceral, M-W: Mann-Whitney test para muestras independientes, Z: estadístico Z

Las mujeres tienen valores más elevados de triglicéridos, colesterol y HDL colesterol que los hombres ( $P < 0,001$ ). Destaca a su vez la presencia de valores más elevados de presión arterial diastólica, y de valores de los índices de función adiposa: LAP, VAI y BAI ( $P < 0,001$ ) (Tabla III)

Tabla III

Diferencias entre género de variables e índices metabólicos

Variable	Mujeres			Hombres			M-W Test		
	n	Media	DE	n	Media	DE	Z	P	
<b>Glucosa</b>	mg/dL	131	96,63 ±	44,80	76	92,7 ±	25,0	0,09	0,92
<b>Triglicéridos</b>	mg/dL	124	118,65 ±	47,48	70	100,0 ±	51,0	3,35	<b>0,0008</b>
<b>Col Total</b>	mg/dL	127	174,41 ±	39,53	71	156,1 ±	32,5	3,39	<b>0,0007</b>
<b>HDL Col</b>	mg/dL	122	49,76 ±	14,32	71	43,0 ±	10,3	3,56	<b>0,0004</b>
<b>PA Sistólica</b>	mmHg	127	123,86 ±	16,46	77	120,6 ±	17,4	1,53	0,12
<b>PA Diastólica</b>	mmHg	127	66,69 ±	8,52	77	64,2 ±	9,3	2,1	<b>0,03</b>
<b>TG/HDL</b>		122	2,641 ±	1,50	70	2,45 ±	1,64	1,35	0,17
<b>LAP index</b>		118	55,92 ±	31,35	68	35,61 ±	27,69	5,04	<b>&lt;0,0001</b>
<b>VAI</b>		114	2,40 ±	1,38	67	1,54 ±	1,08	5,12	<b>&lt;0,0001</b>
<b>BAI</b>		122	37,54 ±	6,73	75	29,53 ±	5,15	8,1	<b>&lt;0,0001</b>

PA: Presión arterial, TG/HDL: Índice triglicéridos /HDL Colesterol, LAP index: Producto de acumulación lipídica, VAI: Índice adiposo visceral, BAI: Índice adiposo corporal, M-W: Mann-Whitney test para muestras independientes, Z: estadístico Z

#### Correlaciones bivariadas

Existen correlaciones inversas significativas débiles, de la grasa de tronco y del índice de grasa visceral con la edad en mujeres ( $P < 0,001$ ) y también inversas pero no significativas en hombres ( $P > 0,05$ ). Así mismo se encuentran correlaciones directas significativas del peso, IMC, perímetro abdominal, perímetro glúteo, pliegues supraespinal, ileocrestal y abdominal, diámetro sagital abdominal ( $P < 0,001$ )

Los variables bioquímicas HDL se asocian débil e inversamente con la grasa de tronco y del índice de grasa visceral en hombres y mujeres, LDL no se asocia y los triglicéridos solo se asocian en mujeres.

Los índices bioquímicos: LAP se asocia con la grasa de tronco y del índice de grasa visceral tanto en hombres como en mujeres de forma directa ( $P < 0,001$ ). El VAI solo se asocia en mujeres de forma moderada ( $P < 0,001$ ). El índice BAI se asocia en ambos sexos de forma directa y con más fuerza en el grupo de mujeres ( $P < 0,001$ ) (todo en Tabla IV)

Se encuentran correlaciones significativas entre la PCR y BAI en hombres ( $\rho=0,38$ ,  $P< 0,0049$ ). No se encuentran correlaciones significativas de PCR con la grasa de tronco ni el índice de grasa visceral. ( $P> 0,05$ )

VAI se correlaciona directamente con los TG ( $r=0,86$   $P<0,0001$ ), con el Colesterol ( $r=0,25$   $P<0,0007$ ) y LDL ( $r=0,24$   $P<0,001$ ), e inversamente con HDL colesterol ( $r= -0,43$   $P<0,0001$ )

Tabla IV.- Correlaciones de Spearman ( $r_{ho}$ ) entre variables antropométricas y metabólicas con su nivel de significación

Variable	Mujeres		Hombres	
	Grasa Tronco	IGV	Grasa Tronco	IGV
Edad	-0,308 <b>0,0006</b>	-0,254 <b>0,0049</b>	-0,041 0,73	-0,036 0,7629
Peso	0,759 <b>&lt;0,0001</b>	0,71 <b>&lt;0,0001</b>	0,568 <b>&lt;0,0001</b>	0,533 <b>&lt;0,0001</b>
Talla	0,05 0,5825	-0,017 0,8504	0,069 0,5603	0,085 0,4756
IMC	0,736 <b>&lt;0,0001</b>	0,716 <b>&lt;0,0001</b>	0,599 <b>&lt;0,0001</b>	0,553 <b>&lt;0,0001</b>
ICC	0,015 0,8682	0,116 0,2098	0,369 <b>0,0015</b>	0,346 <b>0,0031</b>
Pabd	0,74 <b>&lt;0,0001</b>	0,755 <b>&lt;0,0001</b>	0,736 <b>&lt;0,0001</b>	0,687 <b>&lt;0,0001</b>
PAbdV	0,86 <b>&lt;0,0001</b>	0,844 <b>&lt;0,0001</b>	0,69 <b>&lt;0,0001</b>	0,709 <b>&lt;0,0001</b>
Pglut	0,825 <b>&lt;0,0001</b>	0,782 <b>&lt;0,0001</b>	0,671 <b>&lt;0,0001</b>	0,629 <b>&lt;0,0001</b>
PI Abd	0,731 <b>&lt;0,0001</b>	0,656 <b>&lt;0,0001</b>	0,668 <b>&lt;0,0001</b>	0,588 <b>&lt;0,0001</b>
PI Icre	0,761 <b>&lt;0,0001</b>	0,723 <b>&lt;0,0001</b>	0,741 <b>&lt;0,0001</b>	0,681 <b>&lt;0,0001</b>
PI Sesp	0,701 <b>&lt;0,0001</b>	0,634 <b>&lt;0,0001</b>	0,703 <b>&lt;0,0001</b>	0,655 <b>&lt;0,0001</b>
SAD	0,743 <b>&lt;0,0001</b>	0,727 <b>&lt;0,0001</b>	0,689 <b>&lt;0,0001</b>	0,609 <b>&lt;0,0001</b>
G Tronco		0,887 <b>&lt;0,0001</b>		0,943 <b>&lt;0,0001</b>
IGV	0,887 <b>&lt;0,0001</b>		0,943 <b>&lt;0,0001</b>	
COL	0,141 0,1285	0,103 0,2694	-0,1 0,4256	-0,104 0,4048
HDL	-0,249 <b>0,0081</b>	-0,161 0,0922	-0,315 <b>0,01</b>	-0,299 <b>0,0148</b>
LDL	0,16 0,0919	0,103 0,2799	-0,063 0,6154	-0,085 0,4952
TGC	0,409 <b>&lt;0,0001</b>	0,343 <b>0,0002</b>	0,029 0,82	-0,012 0,9267
LAP index	0,641 <b>&lt;0,0001</b>	0,60 <b>&lt;0,0001</b>	0,485 <b>&lt;0,0001</b>	0,452 <b>0,0002</b>
VAI	0,486 <b>&lt;0,0001</b>	0,392 <b>&lt;0,0001</b>	0,223 0,0761	0,17 0,1781
BAI	0,685 <b>&lt;0,0001</b>	0,696 <b>&lt;0,0001</b>	0,536 <b>&lt;0,0001</b>	0,477 <b>&lt;0,0001</b>

IMC: Índice de masa corporal, ICC: Índice cintura cadera, ICA: Índice cintura altura, PAbd: Perímetro abdominal máximo, PAbdV: Perímetro abdominal Visceral, PI Abd: Pliegue abdominal, PI Icre: Pliegue ileocrestal, PI Sesp: Pliegue supraespinal, G Tronco: Grasa de tronco, IGV: Índice de grasa visceral, BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índice triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

Áreas bajo las Curvas ROC (ABC)



*Variables bioquímicas e índices de función adiposa*

Las mujeres presentan ABC significativas de VAI, LAP, TG/HDL, todas estas ( $P < 0,001$ ), TG ( $P = 0,0003$  y COL ( $P = 0,04$ ), (Tabla V). Los índices VAI y TG/HDL presentan valores moderados altos de sensibilidad y especificidad (Sens/Espec) (entre 73 y 78%), con valores de +LR mayores a 3. Los índices LAP, TG y COL poseen valores bajos de Sens y valores moderados-altos de Espec. (Tabla V)

En hombres presentan ABC significativas de BAI ( $P < 0,003$ ), VAI ( $P < 0,009$ ), LAP ( $P < 0,0001$ ) y GLU ( $P < 0,001$ ), (Tabla VI). El índice LAP presenta valores moderados altos de Sens/Espec (entre 75 y 77%). BAI y VAI tienen una gran Sens ( $> 83$ ) y una baja Espec (50-60%). GLU tiene una baja Sens (58%) y moderada-alta Espec (78%), (Tabla VI)

*Variables e índices antropométricos antropométricos y de bioimpedancia abdominal*

En el grupo de mujeres los índices ICC, ICA y las variables perímetro abdominal, pliegues abdominal, ileocrestal y supraespinal y grasa de tronco e índice de grasa visceral, presentan ABC significativas, pero con moderados valores (entre 0,63 y 0,66) (Tabla IX). ICA y perímetro abdominal máximo presenta valores muy altos de Sens y bajos de Espec (Tabla XI)

En el grupo de hombres, IMC, ICC, ICA, Pabd máx, Perímetro glúteo, DSA, pliegue ileocrestal y grasa de tronco e índice de grasa visceral, presentan ABC significativas, con moderados-altos valores (entre 0,73 y 0,85), destacando ICA, Pabd máx, DSA y grasa de tronco e índice de grasa visceral (Tabla X). ICA, Pabd máx, DSA y grasa de tronco e índice de grasa visceral presentan valores muy altos de Sens ( $> 90\%$ ) y moderados altos valores de Espec (71-84%). (Tabla XII)

Tabla V.- Áreas bajo la curva (ABC) de parámetros en índices bioquímicos en mujeres para la detección de síndrome metabólico

	<b>BAI</b>	<b>VAI</b>	<b>LAP</b>	<b>TG/HDL</b>	<b>TG</b>	<b>COL</b>	<b>GLU</b>
<b>ABC</b>	0.566	0.821	0.72	0.806	0.696	0.616	0.554
<b>EE</b>	0.0587	0.0435	0.0528	0.0453	0.0548	0.0587	0.0613
<b>IC 95%</b>	0.47 - 0.65	0.73 - 0.88	0.63 - 0.80	0.72 - 0.87	0.61 - 0.77	0.52 - 0.70	0.46 - 0.64
<b>Estadístico Z</b>	1.13	7.383	4.176	6.746	3.578	1.983	0.882
<b>P (Area=0.5)</b>	0.2585	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0003	0.0473	0.3776
<b>Youden index J</b>	0.2008	0.544	0.401	0.5187	0.344	0.2451	0.1862

BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índices triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

Tabla VI.- Áreas bajo la curva (ABC) de parámetros en índices bioquímicos en hombres para la detección de síndrome metabólico

	<b>BAI</b>	<b>VAI</b>	<b>LAP</b>	<b>TG/HDL</b>	<b>TG</b>	<b>COL</b>	<b>GLU</b>
<b>ABC</b>	0.702	0.705	0.797	0.664	0.589	0.505	0.714
<b>EE</b>	0.0951	0.078	0.0616	0.0883	0.0985	0.107	0.0849
<b>IC 95%</b>	0.58 - 0.80	0.58 - 0.81	0.68 - 0.88	0.54 - 0.77	0.46 - 0.70	0.38 - 0.62	0.60 - 0.81
<b>Estadístico Z</b>	2.12	2.622	4.816	1.859	0.904	0.046	2.515
<b>P (Area=0.5)</b>	0.034	0.0088	<0.0001	0.063	0.366	0.9633	0.0119
<b>Youden index J</b>	0.4247	0.4515	0.5179	0.3544	0.2299	0.178	0.3646

BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índice triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

Tabla VII.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores bioquímicos en mujeres para identificar la presencia de síndrome metabólico

	<b>Pto de corte</b>	<b>Sens</b>	<b>95% CI</b>	<b>Espec</b>	<b>95% CI</b>	<b>+LR</b>	<b>95% CI</b>	<b>-LR</b>	<b>95% CI</b>	<b>+PV</b>	<b>95% CI</b>	<b>-PV</b>	<b>95% CI</b>
<b>BAI</b>	>39.29	48.65	31.9 - 65.6	71.43	60.5 - 80.8	1.7	1.1 - 2.7	0.72	0.5 - 1.0	42.9	27.7 - 59.0	75.9	65.0 - 84.9
<b>VAI</b>	>2.41	77.78	60.8 - 89.9	76.62	65.6 - 85.5	3.33	2.1 - 5.2	0.29	0.2 - 0.5	60.9	45.4 - 74.9	88.1	77.8 - 94.7
<b>LAP</b>	>76.57	51.35	34.4 - 68.1	88.75	79.7 - 94.7	4.56	2.3 - 9.1	0.55	0.4 - 0.8	67.9	47.6 - 84.1	79.8	69.9 - 87.6
<b>TG/HDL</b>	>2.5	78.38	61.8 - 90.2	73.49	62.7 - 82.6	2.96	2.0 - 4.4	0.29	0.2 - 0.6	56.9	42.2 - 70.7	88.4	78.4 - 94.9
<b>TG</b>	>131	56.76	39.5 - 72.9	77.65	67.3 - 86.0	2.54	1.6 - 4.1	0.56	0.4 - 0.8	52.5	36.1 - 68.5	80.5	70.3 - 88.4
<b>COL</b>	≤161	54.05	36.9 - 70.5	70.45	59.8 - 79.7	1.83	1.2 - 2.8	0.65	0.4 - 0.9	43.5	28.9 - 58.9	78.5	67.8 - 86.9
<b>GLU</b>	>112	26.32	13.4 - 43.1	92.31	84.8 - 96.9	3.42	1.4 - 8.3	0.8	0.7 - 1.0	58.8	32.9 - 81.6	75	65.9 - 82.7

BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índice triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

Tabla VIII.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores bioquímicos en hombres para identificar la presencia de síndrome metabólico

	<b>Pto de corte</b>	<b>Sens</b>	<b>95% CI</b>	<b>Espec</b>	<b>95% CI</b>	<b>+LR</b>	<b>95% CI</b>	<b>-LR</b>	<b>95% CI</b>	<b>+PV</b>	<b>95% CI</b>	<b>-PV</b>	<b>95% CI</b>
<b>BAI</b>	>28.55	90.91	58.7 - 99.8	51.56	38.7 - 64.2	1.88	1.4 - 2.6	0.18	0.03- 1.2	24.4	12.4 - 40.3	97.1	84.7 - 99.9
<b>VAI</b>	>1.24	83.33	51.6 - 97.9	61.82	47.7 - 74.6	2.18	1.4 - 3.3	0.27	0.07- 1.0	32.3	16.7 - 51.4	94.4	81.3 - 99.3
<b>LAP</b>	>38.69	75	42.8 - 94.5	76.79	63.6 - 87.0	3.23	1.8 - 5.8	0.33	0.1 - 0.9	40.9	20.7 - 63.6	93.5	82.1 - 98.6
<b>TG/HDL</b>	>2.12	72.73	39.0 - 94.0	62.71	49.1 - 75.0	1.95	1.2 - 3.2	0.43	0.2 - 1.2	26.7	12.3 - 45.9	92.5	79.6 - 98.4
<b>TG</b>	>137	33.33	9.9 - 65.1	89.66	78.8 - 96.1	3.22	1.1 - 9.7	0.74	0.5 - 1.1	40	12.2 - 73.8	86.7	75.4 - 94.1
<b>COL</b>	>160	50	21.1 - 78.9	67.8	54.4 - 79.4	1.55	0.8 - 3.1	0.74	0.4 - 1.3	24	9.4 - 45.1	87	73.7 - 95.1
<b>GLU</b>	>101	58.33	27.7 - 84.8	78.12	66.0 - 87.5	2.67	1.4 - 5.2	0.53	0.3 - 1.1	33.3	14.6 - 57.0	90.9	80.0 - 97.0

BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índice triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

Tabla IX.- Áreas bajo la curva (ABC) de parámetros antropométricos en mujeres para la detección de síndrome metabólico

	IMC	ICC	ICA	P Abd Max	P Abd V	P Glúteo	DSA	PL Abd	PI Ileoc	PI Iesp	G Tronco	IGV
<b>AUC</b>	0.559	0.635	0.642	0.646	0.596	0.59	0.606	0.66	0.629	0.638	0.646	0.627
<b>EE</b>	0.0539	0.0536	0.0496	0.0499	0.0529	0.0583	0.0548	0.0529	0.0541	0.0544	0.0524	0.0522
<b>95% CI</b>	0.47-0.65	0.54-0.72	0.55-0.72	0.55-0.73	0.50-0.68	0.497-0.68	0.51-0.69	0.57-0.74	0.54-0.71	0.54-0.72	0.55-0.73	0.53-0.71
<b>Estadístico Z</b>	1.1	2.511	2.861	2.928	1.812	1.539	1.93	3.031	2.384	2.534	2.781	2.428
<b>P (Area=0.5)</b>	0.2713	0.0121	0.0042	0.0034	0.0699	0.1237	0.0536	0.0024	0.0171	0.0113	0.0054	0.0152
<b>Youden index J</b>	0.1697	0.258	0.283	0.3064	0.2137	0.2382	0.2151	0.3193	0.2585	0.2842	0.2796	0.2579

IMC: Índice de masa corporal, ICC: Índice cintura cadera, ICA: Índice cintura altura, PAbd: Perímetro abdominal máximo, PAbdV: Perímetro abdominal Viscan, PI Abd: Pliegue abdominal, PI Ieres: Pliegue ileocrestal, PI Sesp: Pliegue supraespinal, G Tronco: Grasa de tronco, IGV: Índice de grasa visceral, BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índice triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

Tabla X.- Áreas bajo la curva (ABC) de parámetros antropométricos en hombres para la detección de síndrome metabólico

	IMC	ICC	ICA	P Abd Max	P Abd V	P Glúteo	DSA	PL Abd	PI Ileoc	PI Iesp	G Tronco	IGV
<b>ABC</b>	0.737	0.781	0.835	0.856	0.644	0.728	0.818	0.652	0.729	0.662	0.803	0.782
<b>EE</b>	0.0888	0.0754	0.0783	0.0729	0.0854	0.0907	0.0755	0.0967	0.103	0.0979	0.0798	0.0821
<b>95% CI</b>	0.62-0.83	0.67-0.87	0.73-0.91	0.75-0.93	0.52-0.75	0.61-0.82	0.71-0.89	0.53-0.75	0.61-0.82	0.5-0.76	0.69-0.88	0.67-0.87
<b>Estadístico Z</b>	2.673	3.724	4.272	4.879	1.689	2.512	4.211	1.568	2.215	1.655	3.793	3.44
<b>P (Area=0.5)</b>	0.0075	0.0002	<0.0001	<0.0001	0.0911	0.012	<0.0001	0.1168	0.0268	0.0979	0.0001	0.0006
<b>Youden index J</b>	0.447	0.6003	0.75	0.7579	0.3694	0.4205	0.631	0.3385	0.5417	0.3646	0.6994	0.6188

IMC: Índice de masa corporal, ICC: Índice cintura cadera, ICA: Índice cintura altura, PAbd: Perímetro abdominal máximo, PAbdV: Perímetro abdominal Viscan, PI Abd: Pliegue abdominal, PI Ieres: Pliegue ileocrestal, PI Sesp: Pliegue supraespinal, G Tronco: Grasa de tronco, IGV: Índice de grasa visceral, BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índice triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

Tabla XI.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de parámetros e índices antropométricos y de BIA en mujeres para identificar la presencia de síndrome metabólico

	Pto de corte	Sens	95% CI	Espec	95% CI	+LR	95% CI	-LR	95% CI	+PV	95% CI	-PV	95% CI
<b>IMC</b>	>23.53	89.19	74.6 - 97.0	27.78	18.9 - 38.2	1.23	1.0 - 1.5	0.39	0.1 - 1.0	33.7	24.4 - 43.9	86.2	68.3 - 96.1
<b>ICC</b>	>0.99	56.76	39.5 - 72.9	69.05	58.0 - 78.7	1.83	1.2 - 2.8	0.63	0.4 - 0.9	44.7	30.2 - 59.9	78.4	67.3 - 87.1
<b>ICA</b>	>0.58	94.59	81.8 - 99.3	33.71	24.0 - 44.5	1.43	1.2 - 1.7	0.16	0.04 - 0.6	37.2	27.5 - 47.8	93.7	79.2 - 99.2
<b>P Abd Max</b>	>91	94.59	81.8 - 99.3	36.05	26.0 - 47.1	1.48	1.2 - 1.8	0.15	0.04 - 0.6	38.9	28.8 - 49.7	93.9	79.8 - 99.3
<b>P Abd V</b>	>98	86.49	71.2 - 95.5	34.88	24.9 - 45.9	1.33	1.1 - 1.6	0.39	0.2 - 0.9	36.4	26.4 - 47.3	85.7	69.7 - 95.2
<b>P Glúteo</b>	>106	56.76	39.5 - 72.9	67.06	56.0 - 76.9	1.72	1.1 - 2.6	0.64	0.4 - 1.0	42.9	28.8 - 57.8	78.1	66.9 - 86.9
<b>DSA</b>	>20.7	75	57.8 - 87.9	46.51	35.7 - 57.6	1.4	1.1 - 1.8	0.54	0.3 - 1.0	37	26.0 - 49.1	81.6	68.0 - 91.2
<b>PL Abd</b>	>25.2	62.16	44.8 - 77.5	69.77	58.9 - 79.2	2.06	1.4 - 3.1	0.54	0.4 - 0.8	46.9	32.5 - 61.7	81.1	70.3 - 89.3
<b>PI Ileo</b>	>15.6	72.97	55.9 - 86.2	52.87	41.9 - 63.7	1.55	1.2 - 2.1	0.51	0.3 - 0.9	39.7	28.0 - 52.3	82.1	69.6 - 91.1
<b>PI Iesp</b>	>19.3	59.46	42.1 - 75.2	68.97	58.1 - 78.5	1.92	1.3 - 2.9	0.59	0.4 - 0.9	44.9	30.7 - 59.8	80	69.2 - 88.4
<b>G Tronco</b>	>43.7	64.86	47.5 - 79.8	63.1	51.9 - 73.4	1.76	1.2 - 2.5	0.56	0.3 - 0.9	43.6	30.3 - 57.7	80.3	68.7 - 89.1
<b>IGV</b>	>11.5	72.22	54.8 - 85.8	53.57	42.4 - 64.5	1.56	1.1 - 2.1	0.52	0.3 - 0.9	40	28.0 - 52.9	81.8	69.1 - 90.9

IMC: Índice de masa corporal, ICC: Índice cintura cadera, ICA: Índice cintura abdominal máximo, PAbdV: Perímetro abdominal Viscan, PI Abd: Pliegue abdominal, PI Iles: Pliegue ileocecal, PI Sesp: Pliegue supraespinal, G Tronco: Grasa de tronco, IGV: Índice de grasa visceral, BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índice triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

Tabla XII.-Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de parámetros e índices antropométricos y de BIA en hombres para identificar la presencia de síndrome metabólico

	<b>Pto de corte</b>	<b>Sens</b>	<b>95% CI</b>	<b>Espec</b>	<b>95% CI</b>	<b>+LR</b>	<b>95% CI</b>	<b>-LR</b>	<b>95% CI</b>	<b>+PV</b>	<b>95% CI</b>	<b>-PV</b>	<b>95% CI</b>
<b>IMC</b>	>26.8136	75	42.8 - 94.5	69.7	57.1 - 80.4	2.48	1.5 - 4.0	0.36	0.1 - 1.0	31	15.3 - 50.8	93.9	83.1 - 98.7
<b>ICC</b>	>1.0417	72.73	39.0 - 94.0	87.3	76.5 - 94.4	5.73	2.7 - 12.0	0.31	0.1 - 0.8	50	24.7 - 75.3	94.8	85.6 - 98.9
<b>ICA</b>	>0.63	91.67	61.5 - 99.8	83.33	72.1 - 91.4	5.5	3.1 - 9.7	0.1	0.02 - 0.7	50	28.2 - 71.8	98.2	90.4 - 100
<b>P Abd Max</b>	>102	91.67	61.5 - 99.8	84.13	72.7 - 92.1	5.78	3.2 - 10.5	0.099	0.02 - 0.6	52.4	29.8 - 74.3	98.1	90.1 - 100
<b>P Abd V</b>	>96	90.91	58.7 - 99.8	46.03	33.4 - 59.1	1.68	1.3 - 2.3	0.2	0.03 - 1.3	22.7	11.5 - 37.8	96.7	82.8 - 99.9
<b>P Glúteo</b>	>102.2	54.55	23.4 - 83.3	87.5	76.8 - 94.4	4.36	1.9 - 10.1	0.52	0.3 - 1.0	42.9	17.7 - 71.1	91.8	81.9 - 97.3
<b>DSA</b>	>22.1	91.67	61.5 - 99.8	71.43	58.7 - 82.1	3.21	2.1 - 4.9	0.12	0.02 - 0.8	37.9	20.7 - 57.7	97.8	88.5 - 99.9
<b>PL Abd</b>	>19.4	66.67	34.9 - 90.1	67.19	54.3 - 78.4	2.03	1.2 - 3.5	0.5	0.2 - 1.1	27.6	12.7 - 47.2	91.5	79.6 - 97.6
<b>PI Ileo</b>	>20.8	66.67	34.9 - 90.1	87.5	76.8 - 94.4	5.33	2.5 - 11.4	0.38	0.2 - 0.9	50	24.7 - 75.3	93.3	83.8 - 98.2
<b>PI Iesp</b>	>15.6	58.33	27.7 - 84.8	78.12	66.0 - 87.5	2.67	1.4 - 5.2	0.53	0.3 - 1.1	33.3	14.6 - 57.0	90.9	80.0 - 97.0
<b>G Tronco</b>	>34	90.91	58.7 - 99.8	79.03	66.8 - 88.3	4.34	2.6 - 7.3	0.12	0.02 - 0.7	43.5	23.2 - 65.5	98	89.4 - 99.9
<b>IGV</b>	>17	90.91	58.7 - 99.8	70.97	58.1 - 81.8	3.13	2.0 - 4.8	0.13	0.02 - 0.8	35.7	18.6 - 55.9	97.8	88.2 - 99.9

IMC: Índice de masa corporal, ICC: Índice cintura cadera, ICA: Índice cintura altura, PAbd: Perímetro abdominal máximo, PAbdV: Perímetro abdominal visceral, Pl Abd: Pliegue abdominal, Pl Iles: Pliegue ileocrestal, Pl Sesp: Pliegue supraespinal, G Tronco: Grasa de tronco, IGV: Índice de grasa visceral, BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity Index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Índice triglicéridos/HDL, TG: Triglicéridos, COL: Colesterol total, GLU: Glucosa

## Discusión

En este estudio, se explora en un grupo de personas ancianas de ambos sexos, la capacidad de ciertas variables e índices bioquímicos así como medidas e índices antropométricos, destacando entre estos últimos, como novedosos, la grasa de tronco y el índice de grasa visceral, derivados con técnicas de bioimpedancia abdominal.

El estudio de la grasa visceral y de la grasa de tronco, en relación al síndrome metabólico cobra especial interés, toda vez que existe un riesgo aumentado en la aparición de enfermedades cardiovasculares y diabetes mellitus. La existencia de un estado de resistencia a la insulina, es probablemente el mecanismo subyacente a las alteraciones del metabolismo lipídico e hidrogenado (Bellido D, López de la Torre M, Carreira J, de Luis D, Bellido V, Soto A, Luengo LM, Hernández A, Vidal J, Becerra A, 2013).

Este estudio destaca las diferencias que se presentan por género, en la precisión tanto de las variables antropométricas como de las bioquímicas en relación a la predicción del síndrome metabólico en personas ancianas. El estudio de la capacidad de predicción del síndrome metabólico mediante curvas ROC es una práctica frecuente, pero no existen trabajos en personas ancianas.

En la literatura científica se encuentran numerosos trabajos que relacionan la obesidad central con la diabetes mellitus, la hipertensión arterial y otros factores de riesgo cardiovascular (Berber, Gómez-Santos, Fanghänel, & Sánchez-Reyes, 2001; Bozorgmanesh, Hadaegh, & Azizi, 2010; Dagenais et al., 2003), mediante medidas e índices como la circunferencia de la cintura, el índice cintura cadera y el índice cintura altura y ha sido estudiado en diferentes grupos etarios y étnicos. El presente estudio se ha realizado en un grupo de edad, bastante avanzado con una media de edad para las mujeres de 87 años (65-99 años) y de 84 para los hombres (65-90 años).

## Índices Bioquímicos

Existen algunos estudios que exploran la capacidad de índices bioquímicos como el BAI, VAI y otros, para la identificación del síndrome metabólico. En un estudio sobre 6871, adultos saudíes de ambos sexos, entre 18 y 70 años, obtienen valores de ABC entre 0,81-0,83 para el BAI y 0,66-0,67 para el VAI (Al-Daghri NM, Al-Attas OS, Wani K, Alnaami AM, 2015). En nuestro estudio los valores de ABC para el BAI son significativos para las mujeres (0,56) y un ABC de 0,70 para varones ( $P=0,03$ ). Para las mujeres el VAI tiene un ABC de 0,82 y para varones 0,70 ambas significativas. El BAI, parece que no es un buen índice para predecir el riesgo asociado por aumento de grasa y especialmente en sujetos mayores y debido a ello es de dudosa utilidad (Canaan FA, Queiroz A, Eloiza S, 2015)

Un estudio de Chiang (Chiang & Koo, 2012) en personas de 59 años de edad media, de ambos sexos estudian también el BAI con valores de ABC de 0,71 y 0,72 para mujeres y hombres respectivamente.

El LAP es un índice basado en la determinación de los triglicéridos y una medida antropométrica. En la actualidad día en los reconocimientos de salud la toma de medidas antropométricas y de muestras de sangre para análisis sanguíneos son rutinarios en los reconocimientos de salud y el LAP puede ser una determinación ventajosa sobre índices antropométricos (Chiang & Koo, 2012), ya que la grasa visceral es productora de adipoquinas (IL-6 y PAI-1) y puede tener una acción general con efectos inflamatorios, diseminados por la vía portal (Wajchenberg BL, 2000). El trabajo de Chiang (Chiang & Koo, 2012) obtiene valores muy altos de ABC (0,90 y 0,916 para mujeres y hombres respectivamente) en un estudio en personas taiwanesas. En este estudio de Chiang, se muestran diferencias entre el ABC del índice LAP e índices antropométricos, como el IMC e ICC. Nuestros valores son moderadamente altos 0,72 y 0,797; para mujeres y hombre, para la predicción del síndrome metabólico.

En nuestro estudio no parece demostrarse la asociación generalizada de un estado de inflamación crónico con los diversos índices de adiposidad central. La PCR solo se relaciona en el grupo de hombres con el BAI. La PCR se considera un marcador del estado de inflamación mayor que las interleuquinas o el TNF- $\alpha$  (Stepień et al., 2014). La existencia de estas baja asociación en nuestro estudio puede ser debida a que muchos de los



participantes están bajo tratamientos antilipemiantes, no pudiendo demostrarse de esta manera el efecto de inflamación crónica.

Un estudio realizado en sujetos jordanos de ambos sexos entre 20 y 70 años (Obeidat AA, Ahmad MN, Haddad FH, 2015) se analizó la precisión de variables como la glucosa y los triglicéridos para la predicción del síndrome metabólico. Tanto en hombres como en mujeres, presentan valores de ABC en varones de 0,86 y 0,79 para GLU y TG y valores de corte de 102.5  $\mu\text{g}/\text{dL}$  y 181  $\mu\text{g}/\text{dL}$ . Los valores de glucosa son prácticamente iguales a los del presente estudio y el de TG es diferente. Para mujeres el ABC son ambas de 0,82 y puntos de corte de 100.5  $\mu\text{g}/\text{dL}$  y 143  $\mu\text{g}/\text{dL}$  en comparación con 112  $\mu\text{g}/\text{dL}$  y 131  $\mu\text{g}/\text{dL}$  de nuestro estudio.

Otro índice analizado es el TG/HDL, índice el cual está relacionado a la resistencia a la insulina. En nuestro estudio el ABC para el grupo de mujeres es de 0,80 y para hombre de 0,66. En un estudio de Unger y cols en personas adultas no ancianas y comparando un grupo de personas con síndrome metabólico y otras sin síndrome metabólico (Unger, Benozzi, Perruzza, & Pennacchiotti, 2014) las ABC del índice TG/HDL para mujeres y hombres fueron altas, de 0,85 presentando a su vez altos valores de sensibilidad y especificidad y puntos de corte de 2,2 y 3,1 respectivamente. En nuestro estudio para las mujeres tiene una ABC alta (0,80) con un punto de corte de 2,5 y para los hombres la ABC no es significativa.

Las correlaciones en nuestro estudio, de VAI con las variables bioquímicas están en completa concordancia con los valores de otros estudios (Goldani H, Scherer F, Antunes MT, Rosa LH, Fassina P, Quevedo MT, 2015; Knowles et al., 2011).

En la tabla XIII se pueden observar los datos relativos a ABC, de los índices y variables bioquímicas de la presente tesis comparada con otros autores.

Tabla XIII.- ABC de índices y variables bioquímicas

<b>Autor</b>	<b>Sexo</b>	<b>Edad</b>	<b>BAI</b>	<b>VAI</b>	<b>LAP</b>	<b>TG/HDL</b>	<b>GLU</b>	<b>TG</b>
<b>Tesis</b>	<i>M</i>	<b>65-99</b>	<b>0.56</b>	<b>0.82</b>	<b>0.72</b>	<b>0.8</b>	<b>0.55</b>	<b>0.69</b>
<b>Al-Daghri</b>	M	18-70	0.81	0.67				
<b>Chiang</b>	M	35-75	0.71		0.9			
<b>Obeidat</b>	M	20-70					0.82	0.82
<b>Unger</b>	M	20-60				0.85		
<b>Tesis</b>	<i>H</i>	<b>65-99</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.55</b>	<b>0.69</b>
<b>Al-Daghri</b>	H	18-70	0.81	0.67				
<b>Chiang</b>	H	35-75	0.72		0.91			
<b>Obeidat</b>	H	20-70					0.86	0.79
<b>Unger</b>	H	20-60				0.85		

BAI: Body adiposity index, VAI: Visceral Adiposity index, LAP: Lipid accumulation product, TG/HDL: Triglicéridos/HDL cholesterol, GLU: Glucosa, TG: Triglicéridos

#### Variables e índices antropométricos

Las variables antropométricas más utilizadas en relación a los estudios relacionados con el síndrome metabólico son el IMC, ICC, ICA y perímetro abdominal. Estas son utilizadas como marcadores antropométricos de la obesidad abdominal central. Nuestro estudio es el primero en relacionar otras medidas antropométricas como el diámetro sagital abdominal y las variables estimadas mediante la bioimpedancia abdominal tales como la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral.

Un primer análisis de los datos, expone, que parecerían existir grandes diferencias entre el grupo de mujeres y hombres en relación a las medidas e índices antropométricos para la detección del síndrome metabólico.

Existe una gran diferencia entre sexos en los puntos de corte de la grasa de tronco e índice de grasa visceral, correspondiendo valores para las mujeres de 43,7% y 11.5 respectivamente y de 34% y 17, para los hombres. En hombres de mediana edad, los valores de grasa de tronco e índice de grasa visceral, para el diagnóstico de síndrome metabólico fueron de 37,2% y 13 (Fernández-Vázquez R, Millán Romero Á, Barbancho MÁ, Alvero-Cruz JR, 2015).

Los diversos puntos de corte observados en las variables e índices antropométricos de los diferentes estudios se deben a las diferencias en la composición corporal entre etnias (Al-Odat, Ahmad, & Haddad, 2012). La reducción de la masa muscular y los cambios en la

distribución de grasa con aumento de la grasa visceral y la grasa intra e intermuscular y la reducción de la grasa subcutánea (Gallagher et al., 2000; Kuk, Saunders, Davidson, & Ross, 2009), hacen que el BMI no sea una variable adecuada para la valoración en personas mayores, siendo necesario encontrar índices que se relacionen mejor a estos cambios

En este estudio las variables e índices antropométricos tienen unos valores mayores de ABC en el grupo de varones comparado con el de mujeres. Los índices bioquímicos de adiposidad destacan tanto en hombres como mujeres VAI y LAP, presentando ABC de 0,70 a 0,82 que permitirían predecir el síndrome metabólico.

Los índices de distribución abdominal de la grasa confirman la utilidad de los mismos para la detección de procesos patológicos metabólicos y cardiovasculares (Ashwell, Gunn, & Gibson, 2012; Browning, Hsieh, & Ashwell, 2010; de Koning, Merchant, Pogue, & Anand, 2007).

En la tabla XIV se pueden observar los datos de ABC, de los índices y variables antropométricas de la presente tesis comparada con otros autores.

Tabla XIV.- ABC de índices y variables antropométricas

Autor	Sexo	Edad	IMC	ICC	ICA	P Abd Max
<i>Tesis</i>	<i>M</i>	<i>65-99</i>	<i>0.56</i>	<i>0.635</i>	<i>0.642</i>	<i>0.646</i>
Al-Daghri	M	18-70	0.72	0.69	0.82	0.85
Bellido	M	18-70	0.68		0.71	0.72
Obeidat	M	20-70	0.83	0.87	0.87	0.86
Al-Odat *	M	20-80	59/74	62/77	60/78	62/77
<i>Tesis</i>	<i>H</i>	<i>65-99</i>	<i>0.737</i>	<i>0.781</i>	<i>0.835</i>	<i>0.856</i>
Al-Daghri	H	18-70	0.72	0.69	0.82	0.85
Bellido	H	18-70	0.68		0.71	0.72
Obeidat	H	20-70	0.85	0.84	0.85	0.85
Al-Odat *	H	20-80	61/59	44/91	69/58	52/72

\*: Datos de Sens/Espec, M: Mujer, H: Hombre, IMC: Índice de masa corporal, ICC: Índice cintura-cadera, ICA: Índice cintura-altura, P Abd Max: Perímetro abdominal máximo

#### Índices antropométrico-bioquímicos

BAI y VAI no parecen superar en capacidad de predicción a los índices antropométricos, con moderados valores de ABC, caso exceptuando de los valores de ABC de VAI en mujeres. Se ha sugerido la utilización del índice BAI (Bergman et al., 2011) para

comparar diferentes poblaciones por su gran asociación a la grasa corporal total medida con DXA (Bellido D, López de la Torre M, Carreira J, de Luis D, Bellido V, Soto A, Luengo LM, Hernández A, Vidal J, Becerra A, 2013)

### **Limitaciones del presente estudio**

Estos resultados deben tomarse con cierta cautela, pues un buen número de participantes están bajo tratamientos médicos, con lo cual los valores de puntos de corte podrían estar alterados y no se conoce el efecto final sobre los resultados.

### **Conclusiones**

Existen diferentes niveles de capacidad predictiva del síndrome metabólico, según el género. La grasa de tronco y el índice de grasa visceral presentan una mayor capacidad predictiva del síndrome metabólico en hombres que en mujeres.

Destacan los índices antropométrico-bioquímicos BAI (Body adiposity index) y LAP (Lipid accumulation product) tanto en hombres como en mujeres para la detección del síndrome metabólico.

Las medidas antropométricas para los hombres tienen mayor capacidad predictiva que para las mujeres, destacando el Perímetro Abdominal máximo y el diámetro sagital abdominal.

## Bibliografía

- Alberti, K. G. M. M., Eckel, R. H., Grundy, S. M., Zimmet, P. Z., Cleeman, J. I., Donato, K. A., ... Smith, S. C. (2009). Harmonizing the Metabolic Syndrome. *Circulation*, *120*(16), 1640–1645. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644
- Alberti, K. G. M. M., Zimmet, P., & Shaw, J. (2006). Metabolic syndrome--a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine: A Journal of the British Diabetic Association*, *23*(5), 469–480. doi:10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x
- Alberti, K. G. M. M., Zimmet, P., & Shaw, J. (2007). International Diabetes Federation: a consensus on Type 2 diabetes prevention. *Diabetic Medicine: A Journal of the British Diabetic Association*, *24*(5), 451–463. doi:10.1111/j.1464-5491.2007.02157.x
- Al-Daghri NM, Al-Attas OS, Wani K, Alnaami AM, S. S. et al. (2015). Sensitivity of various adiposity indices in identifying cardiometabolic diseases in arab adults. *Cardiovasc Diabetol*, *14*, 101. doi:10.1186/s12933-015-0265-5
- Al-Odat, A. Z., Ahmad, M. N., & Haddad, F. H. (2012). References of anthropometric indices of central obesity and metabolic syndrome in Jordanian men and women. *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*, *6*(1), 15–21. doi:10.1016/j.dsx.2012.05.012
- Amato, M. C., Giordano, C., Galia, M., Criscimanna, A., Vitabile, S., Midiri, M., & Galluzzo, A. (2010). Visceral adiposity index: A reliable indicator of visceral fat function associated with cardiometabolic risk. *Diabetes Care*, *33*(4), 920–922. doi:10.2337/dc09-1825
- Ashwell, M., Gunn, P., & Gibson, S. (2012). Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, *13*(3), 275–86. doi:10.1111/j.1467-789X.2011.00952.x
- Bays, H., Abate, N., & Chandalia, M. (2005). Adiposopathy: sick fat causes high blood sugar, high blood pressure and dyslipidemia. *Future Cardiology*, *1*(1), 39–59. doi:10.1517/14796678.1.1.39
- Bellido D, López de la Torre M, Carreira J, de Luis D, Bellido V, Soto A, Luengo LM, Hernández A, Vidal J, Becerra A, B. M. (2013). Anthropometric measures of central abdominal fat and discriminant capacity for metabolic syndrome in a Spanish population. *Clin Investig Arterioscler*, *25*(3), 105–109.
- Berber, a, Gómez-Santos, R., Fanghänel, G., & Sánchez-Reyes, L. (2001). Anthropometric indexes in the prediction of type 2 diabetes mellitus, hypertension and dyslipidaemia in a Mexican population. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, *25*(12), 1794–9. doi:10.1038/sj.ijo.0801827

- Bergman, R. N., Stefanovski, D., Buchanan, T. A., Sumner, A. E., Reynolds, J. C., Sebring, N. G., ... Watanabe, R. M. (2011). A better index of body adiposity. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 19(5), 1083–1089. doi:10.1038/oby.2012.99
- Bozorgmanesh, M., Hadaegh, F., & Azizi, F. (2010). Predictive performances of lipid accumulation product vs. adiposity measures for cardiovascular diseases and all-cause mortality, 8.6-year follow-up: Tehran lipid and glucose study. *Lipids in Health and Disease*, 9, 100. doi:10.1186/1476-511X-9-100
- Browning, L. M., Hsieh, S. D., & Ashwell, M. (2010). A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 0.5 could be a suitable global boundary value. *Nutrition Research Reviews*, 23(2), 247–269. doi:10.1017/S0954422410000144
- Canaan FA, Queiroz A, Eloiza S, C. S. (2015). Anthropometric differences related to genders and age in the elderly. *Nutr Hosp*, 32(2), 757–764.
- Carneiro Roriz AK, Santana LC, Cunha de Oliveira C, Eickemberg M, Moreira PA, R. S. L. (2014). Discriminatory powers of indicators predictors of visceral adiposity evaluated by computed tomography in adults and elderly individuals. *Nutr Hosp*, 29(6), 1401–1407.
- Chiang, J.-K., & Koo, M. (2012). Lipid accumulation product: a simple and accurate index for predicting metabolic syndrome in Taiwanese people aged 50 and over. *BMC Cardiovascular Disorders*, 12(1), 78. doi:10.1186/1471-2261-12-78
- Dagenais, G. R., Auger, P., Bogaty, P., Gerstein, H., Lonn, E., Yi, Q., & Yusuf, S. (2003). Increased occurrence of diabetes in people with ischemic cardiovascular disease and general and abdominal obesity. *Canadian Journal of Cardiology*, 19(12), 1387–1391. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0346147105&partnerID=tZOtx3y1>
- De Koning, L., Merchant, A. T., Pogue, J., & Anand, S. S. (2007). Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective studies. *European Heart Journal*, 28(7), 850–856. doi:10.1093/eurheartj/ehm026
- Després, J.-P. (2006). Is visceral obesity the cause of the metabolic syndrome? *Annals of Medicine*, 38(1), 52–63. doi:10.1080/07853890500383895
- Després, J.-P., Lemieux, I., Bergeron, J., Pibarot, P., Mathieu, P., Larose, E., ... Poirier, P. (2008). Abdominal obesity and the metabolic syndrome: contribution to global cardiometabolic risk. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 28(6), 1039–1049. doi:10.1161/ATVBAHA.107.159228
- Eckel, R. H., Alberti, K. G. M. M., Grundy, S. M., & Zimmet, P. Z. (2010). The metabolic syndrome. *Lancet*, 375(9710), 181–183. doi:10.1016/S0140-6736(09)61794-3
- Eckel, R. H., & Cornier, M.-A. (2014). Update on the NCEP ATP-III emerging cardiometabolic risk factors. *BMC Medicine*, 12(1), 115. doi:10.1186/1741-7015-12-115

- Fernández-Vázquez R, Millán Romero Á, Barbancho MÁ, A.-C. J. (2015). Abdominal bioelectrical impedance analysis and anthropometry for predicting metabolic syndrome in middle aged men. *Nutr Hosp*, 32(3), 1122–1130. doi: 10.3305/nh.2015.32.3.9401
- Gallagher, D., Ruts, E., Visser, M., Heshka, S., Baumgartner, R. N., Wang, J., ... Heymsfield, S. B. (2000). Weight stability masks sarcopenia in elderly men and women. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 279(2), E366–E375.
- Goldani H, Scherer F, Antunes MT, Rosa LH, Fassina P, Quevedo MT, M. S. (2015). Applicability of the visceral adiposity index (VAI) in the prediction of the components of the metabolic syndrome in elderly. *Nutr Hosp*, 32(4), 1609–1615.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Allison, D. B., Kotler, D. P., & Ross, R. (2002). Body mass index and waist circumference independently contribute to the prediction of nonabdominal, abdominal subcutaneous, and visceral fat. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(4), 683–688.
- Kahn, H. S. (2005). The “lipid accumulation product” performs better than the body mass index for recognizing cardiovascular risk: a population-based comparison. *BMC Cardiovascular Disorders*, 5, 26. doi:10.1186/1471-2261-6-5
- Kahn, H. S., & Valdez, R. (2003). Metabolic risks identified by the combination of enlarged waist and elevated triacylglycerol concentration. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78(5), 928–934.
- Knowles, K. M., Paiva, L. L., Sanchez, S. E., Revilla, L., Lopez, T., Yasuda, M. B., ... Williams, M. a. (2011). Waist Circumference, Body Mass Index, and Other Measures of Adiposity in Predicting Cardiovascular Disease Risk Factors among Peruvian Adults. *International Journal of Hypertension*, 2011, 931402. doi:10.4061/2011/931402
- Kuk, J. L., Saunders, T. J., Davidson, L. E., & Ross, R. (2009). Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing Research Reviews*, 8(4), 339–348. doi:10.1016/j.arr.2009.06.001
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, C. L. (2006). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom (South Africa): International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK).
- Martínez-Larrad MT, Fernández-Pérez C, Corbatón-Anchuelo A, Gabriel R, Lorenzo C, S.-R. M. (2013). Metabolic syndrome, adiponectin, and cardiovascular risk in Spain (the Segovia study): impact of consensus societies criteria. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 11(5), 309–18. doi:10.1089/met.2012.0115
- Mathieu, P., Pibarot, P., Larose, É., Poirier, P., Marette, A., & Després, J. P. (2008). Visceral obesity and the heart. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*. doi:10.1016/j.biocel.2007.12.001
- McLaughlin, T., Reaven, G., Abbasi, F., Lamendola, C., Saad, M., Waters, D., ... Krauss, R. M. (2005). Is there a simple way to identify insulin-resistant individuals at increased

- risk of cardiovascular disease? *American Journal of Cardiology*, 96(3), 399–404. doi:10.1016/j.amjcard.2005.03.085
- Monteiro, R., & Azevedo, I. (2010). Chronic inflammation in obesity and the metabolic syndrome. *Mediators of Inflammation*, 2010(Atp Iii), 1–10. doi:10.1155/2010/289645
- National Cholesterol Education Program. (2002). Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*, 106, 3143–3421.
- National Institutes Of Health. (1998). Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: the evidence report. *Obesity Research*, 6, 51S–209S.
- Obeidat AA, Ahmad MN , Haddad FH, A. F. (2015). Evaluation of several anthropometric indices of obesity as predictors of metabolic syndrome in jordanian adults. *Nutr Hosp*, 32(2), 667–677.
- Pouliot, M. C., Després, J. P., Lemieux, S., Moorjani, S., Bouchard, C., Tremblay, A., ... Lupien, P. J. (1994). Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *The American Journal of Cardiology*, 73(7), 460–468. doi:10.1016/0002-9149(94)90676-9
- Stępień, M., Stępień, A., Wlazł, R. N., Paradowski, M., Banach, M., & Rysz, J. (2014). Obesity indices and inflammatory markers in obese non-diabetic normo- and hypertensive patients: a comparative pilot study. *Lipids in Health and Disease*, 13, 29. doi:10.1186/1476-511X-13-29
- Stone, N. J., Bilek, S., & Rosenbaum, S. (2005). Recent National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III update: adjustments and options. *The American Journal of Cardiology*, 96(4A), 53E–59E. doi:10.1016/j.amjcard.2005.06.006
- Turcato, E., Bosello, O., Di Francesco, V., Harris, T. B., Zoico, E., Bissoli, L., ... Zamboni, M. (2000). Waist circumference and abdominal sagittal diameter as surrogates of body fat distribution in the elderly: their relation with cardiovascular risk factors. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 24(8), 1005–1010. doi:10.1038/sj.ijo.0801352
- Unger, G., Benozzi, S. F., Perruzza, F., & Pennacchiotti, G. L. (2014). Triglycerides and glucose index: A useful indicator of insulin resistance. *Endocrinología Y Nutrición (English Edition)*, 61(10), 533–540. doi:10.1016/j.endoen.2014.11.006
- Wajchenberg BL. (2000). Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. *Endocr Rev*, 21(6), 697–738.
- YOU DEN, W. J. (1950). Index for rating diagnostic tests. *Cancer*, 3(1), 32–35. doi:10.1002/1097-0142(1950)3:1<32::AID-CNCR2820030106>3.0.CO;2-3



Zhang, C., Rexrode, K. M., Van Dam, R. M., Li, T. Y., & Hu, F. B. (2008). Abdominal obesity and the risk of all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: Sixteen years of follow-up in US women. *Circulation*, *117*(13), 1658–1667. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.739714



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Conclusiones

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

1. La grasa de tronco y visceral, se asocia significativamente al síndrome metabólico en sujetos varones de mediana edad y las áreas bajo la curva de ambas variables, poseen similar capacidad para discriminar el estado de Síndrome Metabólico.
2. Ambas mediciones realizadas por medio de bioimpedancia eléctrica abdominal, muestran su utilidad y capacidad en el diagnóstico del SM y los puntos de corte obtenidos podrían utilizarse para el cribado del síndrome metabólico en contextos clínicos.
3. Futuras investigaciones, deberían centrarse en el análisis de los cambios de la grasa de tronco y visceral así como, su relación con los cambios en los factores relacionados con el síndrome metabólico, los riesgos asociados y la probabilidad de aparición del mismo.
4. La comida y la bebida, no producen variaciones significativas en los resultados de la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, obtenidos por bioimpedancia, por lo cual se puede utilizar en las condiciones referidas en el estudio.
5. Existen diferentes niveles de capacidad predictiva del síndrome metabólico, según el género. La grasa de tronco y el índice de grasa visceral presentan una mayor capacidad predictiva del síndrome metabólico en hombres que en mujeres.
6. Destacan los índices antropométrico-bioquímicos BAI (Body adiposity index) y LAP (Lipid accumulation product) tanto en hombres como en mujeres para la detección del síndrome metabólico.
7. Las medidas antropométricas para los hombres tienen mayor capacidad predictiva que las mujeres, destacando el Perímetro Abdominal máximo y el diámetro sagital abdominal.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Anexo: Producción científica

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



### Capítulo de Libro

1. **Fernández Vázquez R**, Alvero Cruz JR. Relación de las medidas antropométricas y la salud. En: Salud, deporte y Cineantropometría. Editores: Sirvent Belando JE; Alvero-Cruz JR. Servicio de publicaciones. Universidad de Alicante. 2014. Págs: 60-88. ISBN: 978-84-9717-315-5

### Publicaciones indexadas de la Tesis

1. **Fernández Vázquez R**, Correas-Gómez L, Álvarez Carnero E, Alvero-Cruz JR. Importancia clínica, métodos diagnósticos y efectos del ejercicio físico sobre la grasa visceral. *Arch Med Deporte*, 2014; 31 (6):414-421
2. **Rosalía Fernández-Vázquez**, Ángel Millán Romero, Miguel Ángel Barbancho, José Ramón Alvero-Cruz. Predicción del síndrome metabólico por bioimpedancia abdominal y antropometría en hombres de mediana edad. *Nutr Hosp*. 2015; 32(3):1122-1130, DOI:10.3305/nh.2015.32.3.9401
3. **Rosalía Fernández Vázquez**, Javier Martínez Blanco, Marie del Mar García Vega, Miguel Ángel Barbancho, José Ramon Alvero-Cruz. Effects of food and drink ingestion on body composition variables of abdominal bioelectrical impedance. *Nutr Hosp*. 2015;32(5):2276-2280

### Proceedings en Revistas de Impacto

1. Alvero-Cruz JR; **Fernández-Vázquez R**; Millán A; Fernandez-García; Correas L; Lage A; Jimenez; M; Carnero EA. Abdominal bioimpedance device is a useful to detect fasting blood glucose impairment in middle-aged men. *Obesity Facts*; 2013; (suppl 1): 220

2. **Fernández-Vázquez R**; Alvero-Cruz JR; Millán A; Fernandez-García; Carnero EA. Abdominal bioimpedance device is a useful to detect pre-hypertension in middle-aged men. *Obesity Facts*; 2013; (suppl 1): 215
3. AM Diego Acosta; **R Fernández-Vázquez**; MM García Vega; JA García Lavigne; J Martínez Blanco; MV Rodríguez Linares; R Ramos Gil; JR Alvero-Cruz. Efectos de la comida sobre variables antropométricas y de grasa de tronco y visceral por bioimpedancia. *Arch Med Deporte* 2014; 31 (5):333

### Comunicaciones a Congresos Nacionales e Internacionales

1. Alvero-Cruz JR; **Fernández-Vázquez R**; Millán A; Fernandez-García; Correas L; Lage A; Jimenez; M; Carnero EA. Abdominal bioimpedance device is a useful to detect fasting blood glucose impairment in middle-aged men- Congreso: 20 th European Congress of Obesity. Lugar de celebración: Liverpool. Fecha: 12-15 May 2013. Carácter: Internacional
2. **Fernández-Vázquez R**; Alvero-Cruz JR; Millán A; Fernandez-García; Carnero EA. Abdominal bioimpedance device is a useful to detect pre-hypertension in middle-aged men. Congreso: 20 th European Congress of Obesity. Lugar de celebración: Liverpool. Fecha: 12-15 May 2013. Carácter: Internacional
3. AM Diego Acosta; **R Fernández Vázquez**; MM García Vega; JA García Lavigne; J Martínez Blanco; MV Rodríguez Linares; R Ramos Gil; JR Alvero-Cruz. Efectos de la comida sobre variables antropométricas y de grasa de tronco y visceral por bioimpedancia. Congreso: FEMEDE. Lugar de celebración: A Coruña. Fecha: 13-14 Noviembre de 2014. Carácter: Nacional

JOSÉ ENRIQUE SIRVENT BELARDO  
JOSÉ RAMÓN ALVERO CRUZ (EDS.)

# SALUD, DEPORTE Y CINEANTROPOMETRÍA

PUBLICACIONES DE LA UNIVERSITAT D'ALACANT

UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



Publicacions de la Universitat d'Alacant  
03690 Sant Vicent del Raspeig  
publicaciones@ua.es  
<http://publicaciones.ua.es>  
Telèfon: 965 903 480

© els autors, 2014  
© d'aquesta edició: Universitat d'Alacant

ISBN: 978-34-9717-315-5  
Dipòsit legal: A 596-2014

Disseny de coberta: candela ink  
Composició: Marten Kwinkelenberg  
Impressió i enquadernació:  
Guada Impresores

  
UNIÓN DE EDITORIALES  
UNIVERSITARIAS ESPAÑOLAS  
[www.une.es](http://www.une.es)

Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional.

Reservados todos los derechos. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



# Importancia clínica, métodos diagnósticos y efectos del ejercicio físico sobre la grasa visceral

Rosalía Fernández Vázquez<sup>1</sup>, Lorena Correas-Gómez<sup>2</sup>, Elvis Álvarez Carnero<sup>2</sup>, José Ramón Alvero-Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad de Málaga.

<sup>2</sup>Laboratorio de Biodinámica y Composición Corporal. Universidad de Málaga.

**Recibido:** 03.06.2014

**Aceptado:** 06.06.2014

## Resumen

El aumento epidémico del sobrepeso y la obesidad repercuten sobre la cantidad de grasa así como en su distribución corporal. En especial son importantes las implicaciones clínicas que pueden producir los depósitos de grasa visceral. El aumento en la cantidad de tejido adiposo visceral, se asocia a enfermedades como el síndrome metabólico, la enfermedad cardiovascular y varias enfermedades neoplásicas como el cáncer de próstata, mama y colorrectal. La evaluación precisa del tejido adiposo visceral es importante para evaluar el riesgo potencial de desarrollo de estas patologías, así como para proporcionar un pronóstico preciso.

Esta revisión tiene como objetivo revisar los diferentes métodos de la cuantificación de la grasa visceral, como los métodos antropométricos y la bioimpedancia eléctrica (BIA) y la pletismografía, así como los métodos de imagen: ultrasonidos, la absorciometría dual de rayos X, (DXA) la tomografía computerizada (TC) y la resonancia magnética (RM), en la práctica clínica y de investigación y repasar los efectos del ejercicio físico sobre la grasa visceral.

Los métodos TC y RM son considerados los métodos patrón en cuanto a la medición de las cortes simples y volúmenes de grasa visceral en los niveles de L2-L3 y L4-L5 dependiendo de los diferentes autores y métodos. Las medidas antropométricas se correlacionan débilmente con las mediciones y volúmenes de grasa visceral, aunque son útiles para el diagnóstico epidemiológico de la obesidad general y central. La BIA suele sobrestimar los valores de grasa de tronco sobre métodos como RM y DXA.

El ejercicio físico tiene efectos diferentes sobre los depósitos viscerales, dependiendo del fenotipo. Los mayores efectos de reducción de la grasa visceral parecen obtenerse con el ejercicio aeróbico varias veces por semana y a una intensidad moderada-alta.

## Palabras clave:

Grasa visceral.  
Métodos de cuantificación.  
Ejercicio.

## Clinical relevance, diagnostic methods and effects of exercise on visceral fat

### Summary

The epidemic increase in overweight and obesity affect on the amount of total body fat and body distribution. Clinical implications that can cause visceral fat deposits are especially important. The higher amounts of visceral adipose tissue is associated with several diseases such as metabolic syndrome, cardiovascular disease and various neoplastic diseases such as prostate, breast and colorectal cancer. The accurate assessment of visceral adipose tissue is important to assess the potential risk of development of these pathologies, as well as to provide an accurate prognosis. This work aims to review the different methods of visceral fat quantification as anthropometric methods and bioelectrical impedance analysis and plethysmography, as well as imaging methods: ultrasound, dual X-ray absorptiometry, computed tomography and magnetic resonance in clinical practice and research settings and review the effects of physical exercise on visceral fat amounts. CT and MRI methods are considered the gold standard, in terms of measuring the simple cuts and volumes of visceral fat levels in L2-L3 or L4-L5 depending of several authors and methods. Anthropometric measures are weakly correlated with measurements and volumes of visceral fat, even if they are useful for epidemiological diagnosis of total body fat and central obesity. The BIA is often overestimated values of fat trunk on methods such as RM and DXA. Physical exercise has different effects on visceral deposits, depending on the phenotype. The greatest effects of reduction of the visceral fat seem to get aerobic exercise, several times a week at a moderate intensity.

## Key words:

Visceral fat.  
Assessment methods.  
Exercise.

**Correspondencia:** José Ramón Alvero Cruz

E-mail: alvero@uma.es

El tejido adiposo (TA) está compuesto por adipocitos y estos, derivados originalmente por los lipoblastos. Inicialmente el papel del tejido adiposo tuvo un carácter amortiguador y aislante del cuerpo y más recientemente, es más conocido el importante papel endocrino y de almacenamiento de energía. La cantidad de tejido adiposo se ve modificada por factores fisiológicos, genéticos y psicosociales entre otros muchos, confiriendo diferentes tipos de almacenamiento en el cuerpo. El aumento de la prevalencia de sobrepeso y obesidad hace necesario conocer los métodos de cuantificación y caracterización del TA. Este está distribuido en diferentes proporciones en el cuerpo y los patrones de depósito dependen de varios factores, como el sexo, la edad, la etnia, el genotipo, la dieta, el ejercicio físico y los niveles hormonales. Normalmente el tejido adiposo se encuentra en mayor cantidad en las mujeres, en las personas mayores y en las que tienen sobrepeso<sup>1-6</sup>.

El tejido graso se deposita en el cuerpo, de dos formas: una en el tejido adiposo subcutáneo (TAS) y en el tejido adiposo visceral (TAV). Ambos tejidos tienen características metabólicas diferentes y hay que prestar especial atención al TAV, por sus asociaciones con diversas patologías médicas<sup>7-11</sup>.

A pesar de que la grasa y el tejido adiposo se pueden distinguir por sus características bioquímicas, estos términos se pueden utilizar de forma intercambiable, aunque la obesidad abdominal se caracteriza por un aumento de grasa alrededor de los órganos intra-abdominales y esta circunstancia, es conocida como la obesidad central u obesidad visceral. Esta circunstancia se ha unido a enfermedades como las alteraciones del metabolismo de la glucosa, de los lípidos y de la resistencia a la insulina<sup>7,8</sup>, el aumento de cáncer de colon<sup>9</sup>, el cáncer de mama<sup>10</sup> y el de próstata<sup>11</sup>.

La acumulación o depósito de grasa visceral no solo tiene que ver con la ingesta total, pues esta es muy diferente entre personas. Los mecanismos que explican las asociaciones de la grasa visceral con el riesgo metabólico están relacionados a múltiples fenómenos y vías de producción<sup>12</sup>. El TAV aumenta con la edad, en ambos sexos y está bastante bien determinado por un aumento en el índice cintura-cadera<sup>13</sup>, con aumentos en la zona central como la zona glúteo femoral y en el perímetro abdominal. La prevalencia de enfermedades cardiovasculares (ECV) se asocia frecuentemente al aumento del TAV con alteraciones del metabolismo lipoproteico y de la glucosa<sup>14</sup>.

Existen diferencias por género, en la distribución de la grasa, en el tronco y abdomen, los hombres y las mujeres en glúteos y piernas. Krotkiewski, sugirió que la regulación hormonal era la responsable del tipo de distribución de la grasa<sup>15</sup>. El aumento de la grasa visceral en hombres va en relación al aumento de la grasa total y en mujeres ese aumento de TAV no va tan unido a ese aumento de la grasa total. La tendencia del hombre a acumular TAV, parece ser el factor, de porqué, la obesidad es más peligrosa en el hombre que en la mujer y tampoco las diferencias explican, los diferentes perfiles de riesgo<sup>16</sup>.

Las hormonas sexuales pueden tener un importante papel, debido al marcado dimorfismo sexual en los patrones de depósito de la grasa corporal. Hombres con bajos niveles de testosterona, está asociado a una distribución visceral y abdominal de la grasa<sup>17</sup> y el tratamiento con testosterona exógena, para alcanzar valores dentro de la normalidad, generalmente produce una disminución de la adiposidad visceral<sup>18</sup>.

La obesidad visceral es considerada, como un factor independiente del síndrome metabólico y la magnitud de esa circunstancia, es pronós-

tico de su condición y efectos<sup>6,19</sup>. El TAV determina *per se*, un perfil de riesgo cardiovascular y a un aumento de la susceptibilidad de padecer enfermedades cardiacas e hipertensión arterial<sup>7,20,21</sup>. El TAV es un tejido activo productor de hormonas como la adiponectina, la leptina el TNF, la resistina y la IL-6 entre otras. De estas hormonas, la adiponectina, posee la una particular importancia, debido a su actividad antiangiogénica protectora. Esta se relaciona inversamente a la cantidad de TAV y valores bajos de adiponectina se asocian a diabetes mellitus tipo 2, niveles altos de glucosa, hipertensión arterial, enfermedad cardiovascular, síndrome metabólico<sup>7</sup> y grandes tumores (en especial de riñón)<sup>24</sup> consecuentemente es importante, poder medir los niveles de adiponectina junto con los de TAV, con el objetivo de entender mejor las enfermedades relacionadas a la patogénesis de la obesidad. Todo ello redundando en la importancia de poder medir con precisión el TAV y diferenciarlo del tejido adiposo total.

No solo, por estas razones, es necesaria una cuantificación precisa del TAV, sino también, por tener un criterio bien definido de adiposidad visceral en relación a las alteraciones metabólicas concurrentes. La diversidad de métodos de cuantificación, desde los simples métodos antropométricos como el IMC y el perímetro abdominal, y e diámetro sagital abdominal, hasta las imágenes de tomografía computerizada (TC), que nos permite visualizar cortes transversales y así mismo el cálculo de volúmenes.

Muchas técnicas, han sido desarrolladas para cuantificar el TAV. La antropometría y la bioimpedancia eléctrica (BIA) son técnicas rápidas, de tipo indirecto que se relacionan con aproximación y proveen de información de la composición corporal, relacionados a los depósitos centrales abdominales, todo ello en la clínica, aunque todas ellas son técnicas estimativas, lejos de la tomografía computerizada (TC) y de la resonancia magnética (RM) (Tabla 1) que son consideradas las técnicas de referencia en el estudio de la composición corporal *in vivo*<sup>25</sup>.

El objetivo de esta revisión es ofrecer un abanico de conocimientos, sobre la importancia y significado clínico de la obesidad abdominal y los métodos diagnósticos, en el ámbito clínico y de la investigación y el efecto del ejercicio físico sobre el tejido adiposo visceral.

## Los índices y las medidas antropométricas

El índice de masa corporal (IMC) es la variable más utilizada para la clasificación del estado de sobrepeso y de la obesidad<sup>27</sup>. Esta medida correlaciona bien con el área de sección de la grasa visceral medido por TC (coeficientes de correlación por encima de 0,80)<sup>24</sup>. El IMC a pesar de su amplio uso, es bien conocida su falta de capacidad de distinguir entre el tejido graso y magro y tampoco tiene la capacidad de distinguir diferencias, entre el tejido graso subcutáneo y el tejido visceral interno.

El índice cintura cadera (ICC), el perímetro abdominal (PABd) y el diámetro sagital abdominal (DSA) son medidas de fácil obtención que se asocian y se aproximan a la cuantificación de la obesidad central y la estimación de la distribución grasa. El PABd daría fe del conjunto abdominal de grasa visceral y subcutánea, mientras que el ICC, representaría la relación entre la grasa abdominal central, con la de la zona pélvica. Ashwell<sup>26</sup> encontró correlaciones significativas entre ICC y el ratio del área de sección entre grasa visceral y subcutánea (TAV/TAS). Un alto



**Tabla 1. Análisis comparativo y características de los métodos y equipos de evaluación de la grasa visceral.**

Método	Precisión	Reproducibilidad	Disponibilidad	Especificidad	Cuantificación	Radiación*	Observaciones
Antropometría	Baja	Muy variable	Muy accesible	Baja	No posible	No	Utilizado como indicador clínico
BIA	Media	CV de 4-10%	Accesible	Baja	Indirecta	No	Precisa de ecuaciones de cálculo Poco entrenamiento del operador
PDA	Alta	CV 1,7-4,5%	Poco accesible	Media	Indirecta	No	Dificultad para el sujeto medido
Ultrasonidos	Alta	CV 2-8%	Accesible	Media	Medida indirecta	No	Gran entrenamiento del operador
DXA	Alta	CV < 1 - 4%	Poco accesible	Baja	Medida indirecta	0,003-0,06 mSv	Se requiere un software especial
TC	Muy alta	CV 1,2-4,3%	Poco accesible	Muy alta	Precisa	6-10 mSv	Se requiere un software especial
RM	Muy alta	CV 2,1- 6,5%	Muy poco accesible	Muy alta	Precisa	No	Se requiere un software especial

\* dosis por exploración, cv: coeficiente de variación, BIA: Bioimpedancia eléctrica, PDA: Pletismografía por desplazamiento de aire. DXA: Absorciometría dual fotónica de rayos X, Densitometría TC: Tomografía computerizada, RM: Resonancia magnética.

ICC, es asociado a un nivel alto de grasa intra-abdominal. A pesar de los hallazgos de Ashwell<sup>26</sup>, este autor no encontró una correlación con el grado de obesidad y esto es debido a un alto grado de variabilidad e imprecisión del ICC, sin embargo, si se ha encontrado al PAbd como una medida que indicaría el nivel de adiposidad visceral para un amplio rango de población. También se ha hallado una buena correlación de la grasa intra-abdominal con la relación PAbd/Talla<sup>23</sup>.

En personas adultas de ambos sexos la proporción del cuerpo que representa la grasa intra-abdominal, aumenta con la edad, mientras que el área de sección de grasa subcutánea tiende a aumentar con el grado de obesidad y no con la edad<sup>26</sup> y se encuentran mayores valores proporcionales de TAV en varones que en mujeres<sup>16</sup>.

El IMC y el PAbd poseen similares correlaciones con las áreas de grasa total, visceral y subcutánea, en todas las edades, mientras que las medidas de pliegues con las áreas de grasa intraabdominal se tornan débiles con la edad<sup>26</sup>.

Kvist *et al.*<sup>27</sup> analizaron las relaciones entre el tejido graso visceral y total medidos TC y fue comparado con medidas antropométricas como el IMC, diámetros, perímetros y pliegues subcutáneos del tronco. La relación del IMC con el tejido adiposo total con errores mayores al 10%. Kullberg, encontró una alta correlación entre medidas antropométricas, en particular el diámetro abdominal con el TAV medido con RM<sup>28</sup>. Existen ciertas discrepancias entre las medidas realizadas de pie (perímetro abdominal, perímetro glúteo) y las medidas de RM obtenidas en decúbito supino. En general el ICC y el DSA son medidas simples de fácil obtención y en general aceptables indicadores de la acumulación de grasa visceral, pero son imprecisos para predecir el TAV<sup>24,27,29</sup> y sus cambios longitudinales.

## Impedancia bioeléctrica (BIA)

Los instrumentos de BIA son de fácil uso, poco costosos y que no requieren entrenamiento en su uso<sup>30</sup>. BIA carece de especificidad y precisión, porque las diferencias en la resistencia cuando la electricidad es conducida por el tejido graso y magro. A partir de valores de resistencia y mediante ecuaciones de predicción se determina la masa libre de grasa y la grasa total corporal. Actualmente hay intentos de medir la grasa abdominal subcutánea y visceral con buenas correlaciones significativas con la TC<sup>31,32</sup>.

Existen instrumentos de bioimpedancia abdominal (ViScan<sup>®</sup>) (Figura 1) que permiten mediciones del perímetro abdominal (recomendado por el fabricante a nivel del ombligo y en decúbito supino), el porcentaje de grasa de tronco y finalmente un nivel de grasa visceral (*visceral fat rating*). Este aparato de fácil utilización y manejo permite mediciones de la grasa visceral y está considerado, frente a los métodos de referencia un método indirecto, pero se ha comprobado que tiene una buena sensibilidad y especificidad para diagnosticar alteraciones de la glucosa basal en varones adultos<sup>33</sup>, así como con el diagnóstico de pre-hipertensión sistólica<sup>34</sup>.

La comparación entre valores de grasa de tronco entre BIA y RM muestra que la BIA sobrestima los valores y en estudios longitudinales del TAV, su valor es más limitado<sup>35</sup>.

Estudios sobre la validez de las medidas antropométricas como la circunferencia de la cintura, como instrumentos de control de los cambios del TAV han mostrado su pobre capacidad de predicción, con curvas ROC de 0,62 (baja sensibilidad y especificidad)<sup>36</sup>.

Las medidas del tejido magro están influenciadas por el nivel de hidratación y en especial en enfermos con cáncer<sup>30,37,38</sup>. La hidratación de

**Figura 1. A: Posición de realización de un BIA abdominal. B: Visor de resultados: Grasa de tronco (%), perímetro abdominal (cm) y nivel de grasa visceral.**



Imagen cedida por la Escuela de Medicina de la EF y el Deporte. Universidad de Málaga.

los tejidos es probablemente la causa de las discrepancias entre DEXA y BIA<sup>30</sup>. La BIA y las medidas antropométricas son útiles para la clasificación epidemiológica de obesidad abdominal, pero están limitados en su precisión diagnóstica.

## DXA

El DXA (absorciometría dual fotónica de rayos X) con una tecnología basada en la emisión de rayos X atenuados, permite la obtención de una imagen total del cuerpo compartimentada en diferentes segmentos teniendo esta, un amplísimo desarrollo y una gran aceptación por los investigadores, por su precisión y rapidez en la valoración de la CC, y en especial para la estimación del tejido graso, tejido libre de grasa y el contenido mineral óseo. Las medidas obtenidas con el DXA solamente estiman la grasa visceral y no pueden distinguir las diferentes localizaciones de tejido adiposo (subcutáneo e intra-abdominal).

La facilidad de la exploración solo requiere para su ejecución algunas precauciones como el la posición sobre la camilla (Figura 2), que permitirá hacer el estudio segmental con mayor facilidad. El estudio se puede hacer con ropa y lo único importante es retirar todos los elementos metálicos (aros de sujetadores, pulseras, prendas con broches metálicos, cadenas, relojes, anillos, etc.).

Las comparaciones de grasa visceral entre DXA y TC, tomando cortes en L4-L5, presentan un cierto grado de imprecisión en mujeres obesas<sup>29</sup>. También las medidas antropométricas como el PAbd y el DSA presentan un grado bajo de concordancia con DXA y esta circunstancia

**Figura 2. Posicionamiento del paciente en la mesa del DXA.**



Imagen cedida por el Laboratorio de Biodinámica y Composición Corporal de la Universidad de Málaga.



**Figura 3. Imagen DXA de cuerpo entero. El software permite la compartimentación de la composición corporal de miembros superiores, tronco, pelvis y miembros inferiores. Así mismo es posible delimitar zonas de especial interés como A: Androide, G: Ginoide.**

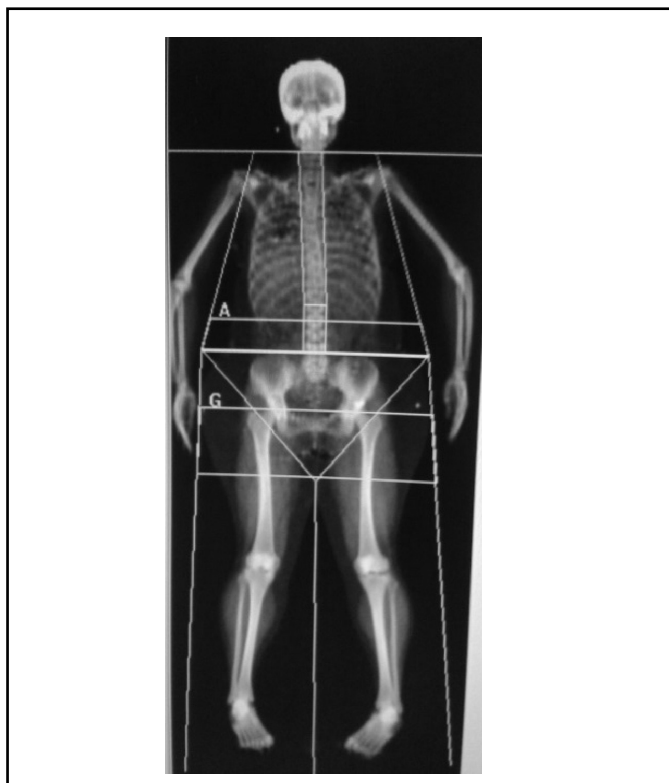


Imagen cedida por el Laboratorio de Biodinámica y Composición Corporal de la Universidad de Málaga.

tiene que ver con los diferentes criterios en la medición de medidas indirectas como el PAbd o el DSA<sup>29</sup>.

Una de las ventajas de DXA es la compartimentación de zonas corporales o regiones de interés. Estas regiones de interés son delimitadas por ventanas que el propio programa permite circunscribir y a partir de ello deriva automáticamente los cálculos. Si existen diferencias, es debido al método de análisis utilizado. Las regiones de interés que se definen a través de diversos puntos anatómicos de referencia. En el caso del estudio mediante TC, de la grasa visceral, se hace por ejemplo, unos 5-10 cm por encima de la cresta ilíaca y entre la 3 y 5ª vértebra lumbar<sup>38</sup>. Otros autores<sup>39</sup> lo hacen mediante un corte transversal en el disco intervertebral de L4-L5 como punto de referencia.

El DXA distingue muy bien la grasa, el tejido no graso y el hueso. En zonas que se superponen estos tejidos son muy bien diferenciados y puede influir en la estimación de la grasa de tronco en personas obesas<sup>27,40</sup>. DXA nos permite el análisis de la CC de forma rápida, con un bajo coste y bajísima irradiación, sin embargo la TC y RM tienen una altísima precisión en la evaluación del TAV. DXA es más preciso que las técnicas antropométricas y BIA.

Actualmente, para reducir el tiempo de exposición a la radiación, se ha aconsejado solamente un corte único de TC. Xia *et al*<sup>41</sup> realizaron

un estudio de concordancia entre los cortes de L2-L3 y L4-L5 a nivel de los discos intervertebrales con DXA. Mostraron ambos cortes una gran correlación (0,94 y 0,96) con similares límites de concordancia y ambos cortes han sido utilizados para derivar modelos de DXA, para la estimación de las medidas volumétricas del TAV<sup>41</sup>.

Hoy en día ya se dispone de los DXAs volumétricos que son capaces de realizar estudios de tres dimensiones con muy buena correlación de los estudios de cuantificación de tejidos mediante RM<sup>42</sup>.

## Pletismografía por desplazamiento de aire

Esta tecnología muy nueva y basada en la relación de la presión-volumen desplazado por un cuerpo en una cabina-recipiente y que mide el volumen desplazado y por tanto a partir de esos valores calcula la densidad corporal, a semejanza del desplazamiento de agua por un cuerpo (principio de Arquímedes). Existen muy pocos estudios de validación<sup>43</sup> y existen grandes errores de estimación en la cuantificación del tejido adiposo visceral, aunque mejora el poder de predicción de las medidas antropométricas.

También se ha explorado las medidas de grasa subcutánea y grasa inversa mediante PDA y comparando con RM, indicando que la PDA tiene una gran precisión y reproducibilidad<sup>44</sup>.

## Ultrasonidos

Es una técnica muy conveniente para la medición del tejido subcutáneo e intraabdominal. El tiempo de exploración requerido es muy bajo, pero su reproducibilidad y precisión, no es demasiado alta<sup>45-47</sup>. Bellisari *et al*<sup>47</sup> encontraron un alto coeficiente de variación (64%)<sup>35</sup>. Otros estudios han encontrado una buena correlación entre los ultrasonidos y el tejido adiposo intraabdominal<sup>45-47</sup>. Los ultrasonidos permiten medir los pliegues de grasa de la zona preperitoneal (desde línea alba, hasta la superficie del hígado y la grasa propiamente subcutánea. Este índice sería comparable al TAV/TAS (tejido adiposo visceral/tejido adiposo subcutáneo) obtenido por análisis de TC, estando este índice muy relacionado a alteraciones metabólicas<sup>45</sup>. Existen dentro de la cavidad abdominal otras mediciones como el grosor de la grasa mesentérica, el cual se relaciona en hombre con el colesterol total, colesterol LDL, triglicéridos, glucosa, hemoglobina glicosilada y la presión arterial sistólica y en mujeres con la hemoglobina glicosilada y los triglicéridos. Una gran parte de las variaciones (30-65%) de estos parámetros son explicadas por la grasa mesentérica<sup>48</sup>. Los ultrasonidos son un buen método para la estimación del tejido intraabdominal y un buen predictor de la vulnerabilidad cardiovascular<sup>49</sup>.

## Tomografía computerizada y Resonancia magnética

La tomografía computerizada (TC) y la resonancia magnética (RM) son los métodos de referencia para la valoración cuantitativa de la grasa visceral<sup>50</sup>. Los diferentes rangos de las unidades Hounsfield (HU) permiten descifrar los diferentes valores de los diversos tejidos. Las áreas

transversales pueden ser medidas en cortes únicos o múltiples, basado en múltiples puntos de referencia los cuales tienen fuertes asociaciones con el volumen graso<sup>50,51</sup>. Estas medidas de referencia, del volumen de grasa visceral, tienen buenas correlaciones con el IMC, mejores que con los cortes transversales tanto en hombres como en mujeres<sup>51</sup>, por ello el IMC se consideraría un buen sustituto de las medidas de TAV.

Los cortes simples son muy utilizados por la menor radiación a la que someten al sujeto, pero son algo menos precisos que los análisis volumétricos derivados de cortes múltiples. Estas mismas consideraciones ocurren con el análisis de RM, pero hay que tener en cuenta su accesibilidad. Los datos obtenidos con cortes simples con TC y RM, tienen una alta correlación (entre 0,82-0,89)<sup>52</sup> y los trabajos de Shen<sup>53</sup>, con cortes simples de RM, 5 cm por encima de L4-L5, muestran la mayor correlación con el tejido adiposo visceral. La mayor dificultad y limitación a tener en cuenta de las exploraciones con TC y RM, es la difícil aplicabilidad en obesos extremos, por cuestión del tamaño de las mesas de exploración.

## Efectos del ejercicio físico sobre la grasa visceral

Todos los estudios de referencia incluyen análisis de datos en personas con sobrepeso y obesidad y controlados para el sexo y la intensidad de ejercicio. Todos estos estudios se han analizado cortes de tomografía computerizada e imágenes de resonancia para la valoración de la grasa visceral. Existe una fuerte relación entre la grasa visceral y las enfermedades cardiovasculares<sup>54,55</sup> y la diabetes<sup>56</sup> y entre la actividad física y la mejora del riesgo cardiovascular independiente de la reducción de peso<sup>57</sup>, confiriendo el TAV la base de los mecanismos fisiopatológicos de esta relación. En sujetos con sobrepeso y obesidad, el ejercicio de moderado a intenso parece tener más efectos que el ejercicio de baja intensidad o el ejercicio de fuerza<sup>58</sup>. La mayoría de estudios que analizan estos efectos son el TAV son estudios heterogéneos tanto en el diseño metodológico, los protocolos de entrenamiento y las características de los sujetos y algunos estudios apuntan al tipo de obesidad y en especial a la relación intra-abdominal y subcutánea y muy marcado por el fenotipo<sup>59</sup>.

Estudios de intervención mediante ejercicio físico, cinco o seis sesiones de 45-60 min por semana<sup>60,61</sup>, no parecen tener mayores efectos que estudio con menos volumen de entrenamiento<sup>62</sup>. Si parece necesario un mínimo para alcanzar una reducción de TAV. En cuanto a la intensidad de ejercicio también existe un mínimo umbral para alcanzar los efectos de una reducción de TAV. La intensidad del ejercicio juega un importante papel en la regulación de los sustratos metabólicos<sup>63</sup>, pero pocos estudios han demostrado los efectos del ejercicio y su intensidad sobre pacientes obesos con grasa visceral abdominal<sup>64</sup>. La combinación de ejercicios aeróbicos y fuerza muestran modestas reducciones de la TAV<sup>65</sup>.

Los estudios de intervención sobre todo utilizan el ejercicio de tipo aeróbico<sup>66-69</sup> y en menor frecuencia el interválico<sup>70</sup>, o el de fuerza<sup>71</sup>. Los mayores efectos de reducción de la grasa visceral parecen obtenerse con el ejercicio aeróbico varias veces por semana y a una intensidad moderada-alta (Tabla 2).

## Conclusiones

Se debe ser cuidadoso en la interpretación de las relaciones entre los depósitos de grasa con los diferentes indicadores de riesgo metabólico y otras enfermedades, pues estos dependiendo de tu tratamiento y de si son corregidos por interacciones de la grasa corporal total o el índice de masa corporal.

La valoración cuantitativa y precisa de la adiposidad visceral, es necesaria para poder evaluar el riesgo potencial. Los diferentes métodos de evaluación de la CC varían en su precisión accesibilidad y especificidad

Se debe seguir investigando en el hallazgo de nuevos índices antropométricos, medidas de fácil obtención y ecuaciones de predicción, para poder clasificar los estados de obesidad abdominal en relación a los factores de riesgo y la enfermedad.

La mayor contribución al síndrome metabólico es por la grasa total aunque los depósitos viscerales y los subcutáneos profundos también contribuyen a explicar el síndrome metabólico.

El ejercicio aeróbico realizado varias veces a la semana y con una intensidad del 60-75% de la FCM es una estrategia útil para la reducción de la grasa visceral.

**Tabla 2. Estudios de intervención para la disminución de la grasa visceral.**

Autor	año	H/M	Tipo	Intensidad entrenamiento	Sesiones	Duración x sem	Duración sesión	Valoración	Cambios del TAV
Boudou	2001	8/0	Aeróbico Interválico	75% VO <sub>2</sub> max 85% VO <sub>2</sub> max	3 x semana	Aeróbico: 25 min Interválico: 25 min	2,5 meses	RM L4-L5	-45%
Miyatake	2003	23/0	Aeróbico	50-65% FCMax	1 x semana		5 meses	TC ombligo	-30%
McTiernan	2007	51/49	Aeróbico	60-85% FCMax	6 x semana	60 min	12 meses	TC L4-L5	-7,5%
Schmitz	2007	0/71	Fuerza	2 series/8-10 rep	2 x semana	60 min	12 meses	TC L2-L3	-3%
Christiansen	2009	0/25	Aeróbico	70% Reserva FC	3 x semana	60-70 min	3 meses	RM Abdominal	-18%
Kim	2009	24/0	Aeróbico	60-70% FCMax	3 x semana	60 min	3 meses	TC ombligo	-16%
Koo	2010	37/0	Aeróbico	Deambulación rápida	7 x semana	120 min	3 meses	TC L4-L5	-29%

TAV: Tejido Adiposo Visceral; H/M: Hombres / Mujeres.

## Bibliografía

- An P, Rice T, Borecki IB, Perusse L, Gagnon J, Leon AS, et al. Major gene effect on subcutaneous fat distribution in a sedentary population and its response to exercise training: the Heritage Family Study. *Am J Human Biol.* 2000;12:600-9.
- Wu CH, Yao WJ, Lu FH, Yang YC, Wu JS, Chang CJ. Sex differences of body fat distribution and cardiovascular dysmetabolic factors in old age. *Age Ageing.* 2001;30:331-6.
- Kyle UG, Genton L, Hans D, Karsgaard L, Slosman DO, Pichard C, et al. Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *Eur J Clin Nutr.* 2001;55:663-72.
- Evans EM, Van Pelt RE, Binder EF, Williams DB, Ehsani AA, Kohrt WM. Effects of HRT and exercise training on insulin action, glucose tolerance, and body composition in older women. *J Appl Physiol.* 2001;90:2033-40.
- Kanaley JA, Sames C, Swisher L, Swick AG, Ploutz-Snyder LL, Steppan CM, et al. Abdominal fat distribution in pre and postmenopausal women: the impact of physical activity, age, and menopausal status. *Metabolism.* 2001;50:976-82.
- Ritchie SA, Connell JM. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2007;17:319-26.
- Fox CS, Massaro JM, Hoffmann U, Pou KM, Maurovich Horvat P, Liu CY. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study. *Circulation.* 2007;116:39-48.
- Oh TH, Byeon JS, Myung SJ, Yang SK, Choi KS, Chung JW, et al. Visceral obesity as a risk factor for colorectal neoplasm. *J Gastroenterol Hepatol.* 2008;23:411-7.
- Strong AL, Strong TA, Rhodes LV, Semon JA, Zhang X, Shi Z, et al. Obesity associated alterations in the biology of adipose stem cells mediate enhanced tumorigenesis by estrogen dependent pathways. *Breast Cancer Res.* 2013;15 (5):R102
- Schapira DV, Clark RA, Wolff PA, Jarrett AR, Kumar NB, Aziz NM. Visceral obesity and breast cancer risk. *Cancer.* 1994;74:632-9.
- Von Hafe P, Pina F, Perez A, Tavares M, Barros H. Visceral fat accumulation as a risk factor for prostate cancer. *Obes Res.* 2004;12:1930-5.
- Tchernof A, Després JP. Pathophysiology of human visceral obesity: an update. *Physiol Rev.* 2013;93(1):359-404.
- Lanska DJ, Lanska MJ, Hartz AJ, Rimm AA. Factors influencing anatomic location of fat tissue in 52,953 women. *Int J Obes.* 1985;9:29-38.
- Pascot A, Lemieux S, Lemieux I, Prud'homme D, Tremblay A, Bouchard C, et al. Age-related increase in visceral adipose tissue and body fat and the metabolic risk profile of premenopausal women. *Diabetes Care.* 1999;22:1471-8.
- Krotkiewski M, Björntorp P, Sjöström L, Smith U. Impact of obesity on metabolism in men and women. Importance of regional adipose tissue distribution. *J Clin Invest.* 1983;72:1150-62.
- Pascot A, Lemieux I, Bergeron J, Tremblay A, Nadeau A, Prud'homme D, et al. HDL particle size: a marker of the gender difference in the metabolic risk profile. *Atherosclerosis.* 2002;160:399-406.
- Shi H, Strader AD, Woods SC, Seeley RJ. Sexually dimorphic responses to fat loss after caloric restriction or surgical lipectomy. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2007;293:E316-26.
- Marin P, Holmang S, Gustafsson C, Jonsson L, Kvist H, Elander A, et al. Androgen treatment of abdominally obese men. *Obes Res.* 1993;1:245-51.
- Mathieu P. Abdominal obesity and the metabolic syndrome: a surgeon's perspective. *Can J Cardiol.* 2008;24:19D-23D.
- Busetto L. Visceral obesity and the metabolic syndrome: effects of weight loss. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2001;11:195-204.
- Lamarche B, Lemieux S, Dagenais GR, Després JP. Visceral obesity and the risk of ischaemic heart disease: insights from the Quebec Cardiovascular Study. *Growth Horm IGF Res.* 1998; 8 (Suppl B):1-8.
- Mathieu P, Pibarot P, Larose E, Poirier P, Marette A, Després JP. Visceral obesity and the heart. *Int J Biochem Cell Biol.* 2008;40:821-36.
- Onat A, Avci GS, Barlan MM, Uyarel H, Uzunlar B, Sansoy V. Measures of abdominal obesity assessed for visceral adiposity and relation to coronary risk. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004;28:1018-25.
- Pinthus JH, Kleinmann N, Tisdale B, Chatterjee S, Lu JP, Gillis A, et al. Lower plasma adiponectin levels are associated with larger tumor size and metastasis in clear cell carcinoma of the kidney. *Eur Urol.* 2008;54:866-73.
- Alvero-Cruz JR, de Diego Acosta AM, Fernández Pastor VJ, García Romero J. Métodos de evaluación de la Composición Corporal: Tendencias actuales II. *Arch Med Deporte.* 2005:105:45-9.
- Ashwell M, Cole TJ, Dixon AK. Ratio of waist circumference to height is strong predictor of intra-abdominal fat. *BMJ.* 1996;313(7056):559-60.
- Kvist H, Chowdhury B, Grangard U, Tylen U, Sjöström L. Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations. *Am J Clin Nutr.* 1988;48:1351-61.
- Kullberg J, von Below C, Lönn L, Lind L, Ahlström H, Johansson L. Practical approach for estimation of subcutaneous and visceral adipose tissue. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2007;27:148-53.
- Ball SD, Swan PD. Accuracy of estimating intraabdominal fat in obese women. *J Exerc Physiol Online.* 2003;6:1-7.
- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr.* 2004;23:1430-53.
- Shoji K, Maeda K, Nakamura T, Funahashi T, Matsuzawa Y, Shimomura I, et al. Measurement of visceral fat by abdominal bioelectrical impedance analysis is beneficial in medical checkup. *Obes Res Clin Pract.* 2008;2:269-75.
- Sarhill N, Walsh D, Nelson K, Homsy J, Komurcu S. Bioelectrical impedance, cancer nutritional assessment, and ascites. *Support Care Cancer.* 2000;8:341-3.
- Alvero-Cruz JR, Fernández-Vázquez R, Millán A, Fernández-García JC, Correias L, Lage A, et al. Abdominal bioimpedance device is a useful to detect fasting blood glucose impairment in middle-aged men. *Obesity Facts.* 2013;(suppl 1):220.
- Fernández-Vázquez R, Alvero-Cruz JR, Millán A, Fernández-García JC, Carnero EA. Abdominal bioimpedance device is a useful to detect pre-hypertension in middle-aged men. *Obesity Facts.* 2013;(suppl 1):215.
- Pietiläinen KH, Kaye S, Karmi A, Suojanen L, Rissanen A, Virtanen KA. Agreement of bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry and MRI to estimate changes in body fat, skeletal muscle and visceral fat during a 12-month weight loss intervention. *Br J Nutr.* 2013; 28, 109(10):1910-6.
- Velludo CM, Kamimura MA, Sanches FM, Lemos MM, Canziani ME, Pupim LB, et al. Prospective evaluation of waist circumference and visceral adipose tissue in patients with chronic kidney disease. *Am J Nephrol.* 2010;3(2):104-9.
- Nagai M, Komiya H, Mori Y, Ohta T, Kasahara Y, Ikeda Y. Development of a new method for measuring visceral fat area with multi-frequency bioelectrical impedance. *Tohoku J Exp Med.* 2008;214:105-12.
- Rockall AG, Sohaib SA, Evans D, Kaltsas G, Isidori AM, Monson JP, et al. Computed tomography assessment of fat distribution in male and female patients with Cushing's syndrome. *Eur J Endocrinol.* 2003;149(6):561-7.
- Direk K, Cецelja M, Astle W, Chowiecnyk P, Spector TD, Falchi M, Andrew T. The relationship between DXA-based and anthropometric measures of visceral fat and morbidity in women. *BMC Cardiovasc Disord.* 2013;3:13:25.
- Seidell JC, Oosterlee A, Deurenberg P, Hautvast JG, Ruijs JH. Abdominal fat depots measured with computed tomography: effects of degree of obesity, sex, and age. *Eur J Clin Nutr.* 1988;42:805-15.
- Xia Y, Ergun DL, Wacker WK, Wang X, Davis CE, Kaul S. Relationship between dual-energy X-ray absorptiometry volumetric assessment and X-ray computed tomography-derived single-slice measurement of visceral fat. *J Clin Densitom.* 2014;17(1):78-83.
- Ahmad O, Ramamurthi K, Wilson KE, Engelke K, Prince RL, Taylor RH. Volumetric DXA (VXA): A new method to extract 3D information from multiple in vivo DXA images. *J Bone Miner Res.* 2010;25(12):2744-51.
- Winsley RJ, Fulford J, MacLeod KM, Ramos-Ibañez N, Williams CA, Armstrong N. Prediction of visceral adipose tissue using air displacement plethysmography in children. *Obes Res.* 2005;13(12):2048-51.
- Ludwig UA, Klausmann F, Baumann S, Honal M, Hövener JB, König D, et al. Whole-body MRI-based fat quantification: A comparison to air displacement plethysmography. *J Magn Reson Imaging.* 2014; 22. doi: 10.1002/jmri.24509.
- Armellini F, Zamboni M, Robbi R, Todesco T, Rigo L, Bergamo-Andreis IA, et al. Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized tomography. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1993; 17:209-14.
- Suzuki R, Watanabe S, Hirai Y, Akiyama K, Nishide T, Matsushima Y, et al. Abdominal wall fat index, estimated by ultrasonography, for assessment of the ratio of visceral fat to subcutaneous fat in the abdomen. *Am J Med.* 1993; 95:309-14.
- Bellisari A, Roche AF, Siervogel RM. Reliability of B-mode ultrasonic measurements of subcutaneous adipose tissue and intra-abdominal depth: comparisons with skinfold thickness. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1993;17:475-80.
- Liu KH, Chan YL, Chan WB, Kong WL, Kong MO, Chan JC. Sonographic measurement of mesenteric fat thickness is a good correlate with cardiovascular risk factors: comparison with subcutaneous and preperitoneal fat thickness, magnetic resonance imaging and anthropometric indexes. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2003;27(10):1267-73.
- von Schnurbein J, Klenk J, Galm C, Berg S, Gottmann P, Steinacker JM, et al. Reference values and early determinants of intra-abdominal fat mass in primary school children. *Horm Res Paediatr.* 2011;75(6):412-22.

50. Seidell JC, Bakker CJ, Van der KK. Imaging techniques for measuring adipose-tissue distribution: a comparison between computed tomography and 1.5-T magnetic resonance. *Am J Clin Nutr.* 1990;51:953-7.
51. Bosy-Westphal A, Later W, Hitze B, Sato T, Kossel E, Gluer CC, et al. Accuracy of bioelectrical impedance consumer devices for measurement of body composition in comparison to whole body magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry. *Obes Facts.* 2008;1:319-24.
52. Kobayashi J, Tadokoro N, Watanabe M, Shinomiya M. A novel method of measuring intra-abdominal fat volume using helical computed tomography. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002;26:398-402.
53. Shen W, Wang Z, Punyanita M, Lei J, Sinav A, Kral JG, et al. Adipose tissue quantification by imaging methods: a proposed classification. *Obes Res.* 2003;11:5-16.
54. Mathieu P, Lemieux I, Després JP. Obesity, inflammation, and cardiovascular risk. *Clin Pharmacol Ther.* 2010;87:407-16.
55. Ritchie SA, Connell JM. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2007;17:319-26.
56. Freemantle N, Holmes J, Hockey A, Kumar S. How strong is the association between abdominal obesity and the incidence of type 2 diabetes?. *Int J Clin Pract.* 2008;62:1391-6.
57. Després JP, Lemieux I, Bergeron J, Pibarot P, Mathieu P, Larose E, et al. Abdominal obesity and the metabolic syndrome: contribution to global cardiometabolic risk. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2008;28:1039-49.
58. Ismail I, Keating SE, Baker MK, Johnson NA. A systematic review and meta-analysis of the effect of aerobic vs. resistance exercise training on visceral fat. *Obes Rev.* 2012;13:68-91.
59. Okura T, Nakata Y, Lee DJ, Ohkawara K, Tanaka K. Effects of aerobic exercise and obesity phenotype on abdominal fat reduction in response to weight loss. *Int J Obes (Lond.)* 2005;29:1259-66.
60. McTiernan A, Sorensen B, Irwin ML, Morgan A, Yasui Y. Exercise effect on weight and body fat in men and women. *Obesity (Silver Spring).* 2007;15:1496-512.
61. Irwin ML, Yasui Y, Ulrich CM, Bowen D, Rudolph RE, Schwartz RS, et al. Effect of exercise on total and intra-abdominal body fat in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2003;289:323-30.
62. Friedenreich CM, Woolcott CG, McTiernan A, Terry T, Brant R, Ballard-Barbasch R, et al. Adiposity changes after a 1-year aerobic exercise intervention among postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Int J Obes (Lond).* 2011;35:427-35.
63. Holloszy JO, Kohrt WM, Hansen PA. The regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Front Biosci.* 1998;3:D1011-27.
64. Irving BA, Davis CK, Brock DW, Weltman JY, Swift D, Barrett EJ, et al. Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:1863-72.
65. Slentz CA, Bateman LA, Willis LH, Shields AT, Tanner CJ, Piner LW, et al. Effects of aerobic vs. resistance training on visceral and liver fat stores, liver enzymes, and insulin resistance by HOMA in overweight adults from STRRIDE AT/RT. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2011;301:E1033-39.
66. Boudou P, de Kerviler E, Erlich D, Vexiau P, Gautier JF. Exercise training-induced triglyceride lowering negatively correlates with DHEA levels in men with type 2 diabetes. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25:1108-12.
67. Miyatake N, Takahashi K, Wada J, Nishikawa H, Morishita A, Suzuki H. Daily exercise lowers blood pressure and reduces visceral adipose tissue areas in overweight Japanese men. *Diabetes Res Clin Pract.* 2003;62:149-57.
68. Christiansen T, Paulsen SK, Bruun JM, Overgaard K, Ringgaard S, Pedersen SB. Comparable reduction of the visceral adipose tissue depot after a diet-induced weight loss with or without aerobic exercise in obese subjects: a 12-week randomized intervention study. *Eur J Endocrinol.* 2009;160:759-67.
69. Koo BK, Han KA, Ahn HJ, Jung JY, Kim HC, Min KV. The effects of total energy expenditure from all levels of physical activity vs. physical activity energy expenditure from moderate-to-vigorous activity on visceral fat and insulin sensitivity in obese Type 2 diabetic women. *Diabet Med.* 2010;27:1088-92.
70. Kim MK, Tomita T, Kim MJ, Sasai H, Maeda S, Tanaka K. Aerobic exercise training reduces epicardial fat in obese men. *J Appl Physiol.* 2009;106:5-11.
71. Schmitz KH, Hannan PJ, Stovitz SD, Bryan CJ, Warren M, Jensen MD. Strength training and adiposity in premenopausal women: strong, healthy, and empowered study. *Am J Clin Nutr.* 2007;86(3):566-72.



Original/Síndrome metabólico

# Predicción del síndrome metabólico por bioimpedancia abdominal y antropometría en hombres de mediana edad

Rosalía Fernández-Vázquez<sup>1</sup>, Ángel Millán Romero<sup>1</sup>, Miguel Ángel Barbancho<sup>1,2</sup> y José Ramón Alvero-Cruz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Málaga, Andalucía Tech. Dpto. de Fisiología Humana y Educación Física y Deportiva. Facultad de Medicina. Campus de Teatinos, Málaga. <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Biomédicas de Málaga, España.

## Resumen

**Objetivo:** la obesidad central tiene una gran relación con el síndrome metabólico. Estudiar la relación de la grasa del tronco, el índice de grasa visceral y las medidas antropométricas con el síndrome metabólico.

**Métodos:** diseño: transversal descriptivo y correlacional. Participaron 75 varones, voluntarios, de distintas profesiones, que accedieron a un reconocimiento médico-laboral, con un rango de edad de 21 a 59 años. Mediciones de peso, talla, índice de masa corporal, perímetro abdominal, perímetro glúteo, índice cintura-cadera y grasa de tronco y nivel de grasa visceral mediante bioimpedanciometría (Tanita AB-140-ViScan) y parámetros bioquímicos: glucosa, colesterol total y triglicéridos. Así mismo, se midió la presión arterial sistólica y diastólica. Se comparan los estados de síndrome metabólico, sobrepeso y obesidad.

**Resultados:** existen correlaciones de las medidas antropométricas con la de grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, así como con los parámetros bioquímicos ( $p < 0,001$ ). Un análisis de curvas ROC muestra que los puntos de corte a partir de los cuales se puede presentar el síndrome metabólico son de 32,7% de grasa de tronco y de 13 para el nivel de grasa visceral, con una alta sensibilidad y especificidad. Se obtienen los mismos puntos de corte para el estado de obesidad y síndrome metabólico.

**Conclusiones:** la grasa de tronco y los niveles de grasa visceral son muy sensibles y específicos para la detección del síndrome metabólico y la obesidad, aunque no superan a las variables e índices antropométricos. En la condición de sobrepeso, la grasa de tronco y visceral son medidas algo más predictivas que las variables antropométricas.

(Nutr Hosp. 2015;32:1122-1130)

DOI:10.3305/nh.2015.32.3.9401

Palabras clave: *Bioimpedancia abdominal. Antropometría. Hombres. Síndrome metabólico. Sobrepeso. Obesidad.*

**Correspondencia:** José Ramón Alvero Cruz.  
Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte.  
Dpto. de Fisiología Humana y Educación Física y Deportiva.  
Campus de Teatinos, Edificio López de Peñalver,  
Universidad de Málaga, 29071 Málaga.  
E-mail: alvero@uma.es

Recibido: 11-VI-2015.  
Aceptado: 25-VII-2015.

## ABDOMINAL BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS AND ANTHROPOMETRY FOR PREDICTING METABOLIC SYNDROME IN MIDDLE AGED MEN

### Abstract

**Objective:** central obesity has a higher risk of metabolic syndrome. The present work aimed to study the relationship of trunk fat and the visceral fat index, and other anthropometric indices in relation to the metabolic syndrome in middle aged male

**Methods:** design: transversal descriptive and correlational study. Participants: 75 male, volunteers who have access to a medical assessment, with an age range of 21 to 59 years, from different professions. Measurements: Weight, height, body mass index, waist circumference, gluteal circumference, waist-to-hip ratio, waist-to-height ratio, trunk fat and visceral fat level by bioelectrical abdominal impedance analysis with Tanita AB-140 (ViScan) and biochemical markers: fasting glucose, total cholesterol, and triglycerides. Likewise, the systolic and diastolic blood pressure was measured.

**Results:** there are significant correlations of anthropometric measurements with trunk fat and visceral fat level and the same with biochemical variables. Receptor-operator curves (ROC curve) analysis shows that the cut-off points from which arises the metabolic syndrome are 32.7% of trunk fat and a level of visceral fat of 13 with a high sensitivity and specificity, attaining the same cut-off points for the metabolic syndrome and obesity status.

**Conclusions:** trunk fat and visceral fat levels determined by bioelectrical abdominal impedance analysis, values are variables very sensitive and specific for the detection of metabolic syndrome and obesity, though not over the variables and anthropometric indices. In the condition of the overweight, trunk fat and visceral fat level are more predictive than anthropometric measures.

(Nutr Hosp. 2015;32:1122-1130)

DOI:10.3305/nh.2015.32.3.9401

Key words: *Bioelectrical abdominal analysis. Anthropometry. Men. Metabolic syndrome. Overweight and obesity.*

## Abreviaturas

- AHA: American Heart Association.  
ATP III: Tercer panel de tratamiento de adultos del NCEP.  
ICA: Índice cintura-altura.  
ICC: Índice cintura cadera.  
IDF: International Diabetes Federation.  
IMC: Índice de masa corporal.  
ISAK: International Society for Advancement in Kinanthropometry.  
NCEP: National Education Cholesterol Program.  
NHLBI: National Heart, Lung, and Blood Institute (USA).  
PAS: Presión arterial sistólica.  
PAD: Presión arterial diastólica.  
ROC: Receiver operating characteristic: Curva operador-receptor.  
TAV: Tejido adiposo visceral.  
SM: Síndrome metabólico.  
TAC: Tomografía axial computerizada.

## Introducción

Se ha comprobado que la distribución de la grasa corporal y especialmente en el territorio abdominal (adiposidad visceral) es un factor que guarda una estrecha asociación con el síndrome metabólico. El tejido adiposo visceral es considerado, un órgano metabólicamente activo y la obesidad intra-abdominal, es un factor de riesgo independiente de otras alteraciones metabólicas asociadas al síndrome metabólico (SM) y que se pueden presentar tanto en niños, jóvenes o adultos<sup>1,2</sup>.

Existe una cantidad considerable de trabajos científicos, en los que el exceso de adiposidad se asocia con riesgos significativos para la salud, destacando la diabetes la hipertensión arterial y las dislipemias, especialmente si esta, se halla en cantidades excesivas<sup>3,4</sup>. Igualmente la obesidad abdominal y en especial, el tejido adiposo visceral (TAV), ha sido identificado como una grasa especialmente nociva<sup>5</sup> y aunque los mecanismos no se entienden todavía completamente, grandes cantidades de TAV, son predictoras de cuadros clínicos de resistencia a la insulina y de otras anomalías metabólicas<sup>4</sup>. Varios de estos estudios, han identificado que las diferentes cantidades de TAV, se relacionan a los factores de riesgo cardiometabólico y al SM tanto en hombres blancos como mujeres<sup>6-9</sup>. Estas diferencias de género en el TAV, persisten incluso después, de ser controlados para la cantidad de grasa corporal total<sup>10,11</sup>.

La tomografía axial computerizada (TAC) el uno de los métodos más fiables y de referencia, en la cuantificación de la grasa visceral, sin embargo es un método caro y de difícil aplicación en investigaciones epidemiológicas<sup>12,13</sup>. Las estimaciones indirectas de la obesidad central, mediante técnicas antropométricas, han demostrado también su gran utilidad en la práctica clínica y en los estudios epidemiológicos, por su sim-

plicidad, bajo coste y su nula invasividad<sup>14</sup>. Estas mediciones de la grasa central o abdominal, han sido controladas mediante índices antropométricos, como el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de la cintura y el índice cintura-cadera (ICC) entre otros<sup>15,16</sup>.

Las medidas de bioimpedancia eléctrica, normalmente son utilizadas para la estimación de la grasa corporal total. En estos últimos tiempos, se han desarrollado instrumentos de bioimpedancia abdominal, capaces de estimar la grasa de tronco y un nivel de grasa visceral<sup>17</sup>. Actualmente, se dispone de bioimpedanciómetros abdominales validados para la medición de la grasa de tronco y de un índice de grasa visceral<sup>18,19</sup>, aunque estudio ha demostrado que la impedancia abdominal se relaciona débilmente, es considerado un buen método de seguimiento en pacientes con síndrome metabólico<sup>20</sup>.

El síndrome metabólico está caracterizado por la suma de varios factores de riesgo cardiometabólico, como son, la obesidad central o abdominal, las alteraciones dislipémicas, el aumento de la presión arterial y las alteraciones de la glucemia basal<sup>21</sup>. La prevalencia en España del síndrome metabólico está en torno al 34%<sup>22</sup>. Valores parecidos del 38%, de prevalencia de síndrome metabólico en varones son los reportados por Marcuello<sup>23</sup>, un 32% de Fernández Bergés<sup>24</sup> y en un 36%, si es estimado por los criterios de la OMS<sup>24</sup>. Otros estudios informan de una prevalencia en sujetos de entre 21 y 60 años del 20%<sup>25,26</sup>. Hay que destacar que se pueden encontrar diferencias en los valores de prevalencia del síndrome metabólico, dependiendo del método y de los criterios utilizados para su cuantificación (AHA, IDF o Consenso de Sociedades), con valores de 17%, 24,3% y 27,8 respectivamente<sup>27,28</sup>. Los datos de prevalencia de SM aumentan cuando los sujetos poseen, hipertrigliceridemia<sup>29</sup> y esos valores alcanzan hasta un valor del 79%<sup>30</sup>. La prevalencia de SM en pacientes con diabetes, es muy grande cercana a valores del 80%<sup>31</sup>.

El objetivo del presente estudio ha sido estudiar la relación de la grasa de tronco y el índice de grasa visceral, estimados mediante bioimpedancia abdominal, y por otra parte medidas antropométricas, en relación al síndrome metabólico y a los estados de sobrepeso y obesidad, determinando la sensibilidad y la especificidad, de estas variables e hipotetizando de que los valores de grasa de tronco y nivel de grasa visceral, son también, variables adecuadas y sensibles en la evaluación y detección del síndrome metabólico.

## Material y métodos

### Muestra

Participaron 75 varones de  $37 \pm 7,9$  años de edad, de  $84,7 \pm 13,2$  kg;  $174,4 \pm 7,5$  cm de talla y  $27,86 \pm 3,99$  kg/m<sup>2</sup> de índice de masa corporal. Todos ellos, recibieron información detallada del estudio a realizar, den-

tro de un reconocimiento médico-laboral y firmaron el consiguiente consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Málaga y se respetaron los principios de Helsinki para la investigación en seres humanos.

### *Antropometría*

El peso se midió en una báscula electrónica calibrada Seca 813 (Hamburg, Germany) de precisión 100 g. La talla fue medida en un estadiómetro de pared Seca 216 (Hamburg, Germany) con una precisión de 0,1 cm. Todos los perímetros se midieron con una cinta métrica con precisión de 0,1 cm (Lufkin, modelo W606PM, Cooper Tools, México). Se midieron la circunferencia abdominal máxima a nivel de las crestas ilíacas, el perímetro de los glúteos a nivel de la máxima protuberancia de los mismos y por delante a nivel de la sínfisis púbica. Las medidas antropométricas fueron obtenidas de acuerdo a las recomendaciones de la International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK)<sup>32</sup>.

### *Índices*

El índice de masa corporal (IMC) fue calculado como: Peso (kg)/m<sup>2</sup>, el índice cintura-cadera (ICC): (Perímetro abdominal (cm)/Perímetro glúteo (cm)) y el índice cintura-altura (ICA): perímetro cintura (cm)/altura (cm).

### *Bioimpedancia abdominal*

Se realizó mediante el modelo AB-140, ViScan® (Tanita, Japan). Con el sujeto en decúbito supino, sobre una camilla no metálica, se midió inicialmente el perímetro abdominal a nivel del ombligo, según protocolo del instrumento y por indicaciones del fabricante, mediante la proyección de una luz, en el plano coronal. Esta medida de perímetro abdominal no fue utilizada para los cálculos ni para el análisis de los resultados. Los valores de grasa de tronco y nivel de grasa visceral fueron obtenidos, tras disponer un cinturón con cuatro electrodos, centrado y dispuesto a nivel del ombligo. Los valores de composición corporal fueron derivados por extrapolación de las medidas de impedancia (de 6,25 a 50 Khz) resultando valores de grasa de tronco, expresados en valor porcentual (rango de 0-75%) y un nivel de grasa visceral, expresado como *fat visceral ratio* (en unidades arbitrarias, de 1 a 59).

### *Presión arterial*

La presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) fueron obtenidas por triplicado, con el sujeto sentado,

tras 5 min de reposo, mediante un esfigmomanómetro manual estándar y un estetoscopio, computándose para el estudio el valor medio. De acuerdo al Adult Treatment Panel (ATPIII), se estableció el nivel de hipertensión arterial, en valores  $\geq$  a 130 mmHg., para la PAS y  $\geq$  a 85 mmHg., para la PAD<sup>33,34</sup>.

### *Análisis bioquímico*

Los niveles de glucosa, colesterol total y triglicéridos fueron analizados en muestras de plasma, tras 12 horas de ayuno, en un auto-analizador computarizado de espectrofotometría Advia 2400 (Siemens HealthCare Diagnostics, USA).

### *Factores de riesgo y Síndrome metabólico*

El síndrome metabólico fue definido, bajo el consenso de la International Diabetes Federation (IDF)<sup>21</sup> y American Heart Association (AHA) y la National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) con la forma de presentación de obesidad abdominal de 94 cm, para personas caucásicas, más la presentación de dos o más factores, como: a) bajo HDL colesterol (< 40), b) Valores de PAS  $\geq$  130 y de PAD  $\geq$  85 mmHg, c) glucosa basal en ayunas >100 mg/dL<sup>21,27,33,35</sup>.

### *Sobrepeso y obesidad*

Los sujetos fueron categorizados de sobrepeso para un IMC de 25 a 29,9 kg/m<sup>2</sup> y obesidad > de 30 kg/m<sup>2</sup>, según estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>36</sup>.

### *Análisis estadístico*

Los valores han sido expresados como media  $\pm$  desviación estándar. Un análisis estadístico descriptivo fue realizado, para todas las variables cuantitativas y un análisis de la normalidad en la distribución de la muestra, se realizó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. La normalidad de la misma, hizo que se realizara un estudio paramétrico de asociación entre variables antropométricas, bioquímicas y con las estimadas con ViScan, mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Un estudio de curvas ROC, se realizó para seleccionar los puntos de corte, mediante el análisis, de las áreas bajo la curva (ABC), como medidas de utilidad de la variable predictora y que representa el intercambio entre la correcta identificación del alto y el bajo riesgo de presentar la condición. Los puntos de corte se escogieron, asociados al índice J de Youden. Por último un test de Kruskal-Wallis, fue aplicado para analizar la relación entre los valores de grasa de tronco y nivel de grasa

visceral con el número de factores del SM y con la condición de tener o no el SM. El estudio estadístico, se realizó mediante el programa MedCalc para Windows versión 14.12.0 (Mariakerke, Belgium) y se consideró el nivel de significación para una  $P < 0,05$  para todos los casos.

## Resultados

Las características principales de los 75 participantes están resumidas, en la tabla I. De todos ellos un 73% tenían sobrepeso y un 26,6% obesidad. El 8% de los sujetos de estudio fueron catalogados de síndrome metabólico y el 10,66% poseían altos valores de presión arterial.

Se encuentran correlaciones directas estadísticamente significativas, entre las medidas e índices antropométricos, con la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral. La grasa de tronco y visceral aumentan con la edad, el peso y el IMC ( $P < 0,05$ ). También existen correlaciones directas y significativas de las variables glucosa, colesterol y triglicéridos, con la grasa de tronco ( $P < 0,05$ ) pero no, con la grasa visceral ( $P > 0,05$ ). Se encuentran correlaciones significativas de la grasa visceral con la PAS y la PAD ( $P < 0,05$ ) (Tabla II).

No se encuentran diferencias, en los niveles de grasa entre los diferentes grupos de conforman el número de factores de riesgo ( $P = 0,08$ ) y tampoco el nivel de grasa visceral ( $P = 0,08$ ), sin embargo si existen diferencias entre el grupo sin SM y SM para la grasa de tronco ( $P = 0,004$ ) y nivel de grasa visceral ( $P = 0,01$ ).

## Curvas ROC

Los puntos de corte de grasa de tronco y grasa visceral, obtenidos, en relación al diagnóstico de síndrome metabólico son de 37,2% (sensibilidad: 83% y especificidad: 84%) y 13 (sensibilidad: 100% y especificidad: 56%), respectivamente. Las áreas bajo la curva (ABC) asociadas son de  $0,848 \pm 0,07$ , IC95%: 0,746 - 0,920 y de  $0,818 \pm 0,07$ , IC95%: 0,712 - 0,897, respectivamente y ambas ( $P = 0,0001$ ) y sin diferencia entre ellas ( $P = 0,64$ ). Tras los puntos de corte hallados, se observa que el 24% de la muestra poseen valores  $\geq$  de 37,2% de grasa de tronco y el 45,3% poseen valores de  $\geq$  de 13, de nivel de grasa visceral.

Cuando la variable clasificatoria es el SM, las mayores ABC son para IMC e ICA ( $> 0,90$ ). Todas las ABC, son significativas y son buenas predictoras del SM. Si la variable clasificatoria es el estado de sobrepeso, las mayores ABC son para IMC, ICA, Grasa de tronco y visceral (todas  $> 0,929$ ). En el caso de que la variable clasificatoria sea el estado de obesidad, las mayores ABC son para IMC y perímetro abdominal ( $> 0,91$ ), todas ellas  $P < 0,001$  (Tabla III).

Los valores de puntos de corte definidos por el síndrome metabólico y obesidad son prácticamente iguales en los parámetros perímetro abdominal máximo, ICC, IMC, grasa de tronco y nivel de grasa visceral (Tabla IV). Son destacables en esta misma tabla los altos valores de +LR o razones de probabilidad positiva, que denotan la probabilidad de tener la condición en oposición a no tenerla, teniendo un resultado positivo de la prueba en estudio. De la misma forma, los valores de -LR son muy bajos.

**Tabla I**  
Estadística descriptiva general de la muestra

Variable		Media	DE	Min	Max
Edad	años	37,0	$\pm 9,7$	21,0	59,0
Peso	kg	84,8	$\pm 13,2$	62,0	130,0
Talla	cm	174,4	$\pm 7,5$	156,0	192,0
Índice de masa Corporal	kg/m <sup>2</sup>	27,9	$\pm 4,0$	19,2	41,0
Perímetro Abdominal Máximo	cm	98,2	$\pm 11,4$	71,0	123,0
Perímetro de cadera	cm	98,8	$\pm 7,3$	80,0	123,0
Índice cintura-cadera		1,0	$\pm 0,1$	0,8	1,2
Índice cintura-altura		0,56	$\pm 0,1$	0,39	0,73
Grasa de Tronco	%	30,9	$\pm 9,9$	8,4	51,7
Grasa Visceral		14,0	$\pm 6,5$	2,5	29,5
Glucosa	mg/dL	86,6	$\pm 18,6$	63,0	212,0
Colesterol total	mg/dL	183,4	$\pm 33,0$	105,0	321,0
Triglicéridos	mg/dL	107,8	$\pm 51,2$	42,0	271,0
P arterial Sistólica	mmHg	119,1	$\pm 14,7$	90,0	160,0
P arterial Diastólica	mmHg	77,5	$\pm 8,2$	55,0	100,0



**Tabla II**  
*Coefficientes de correlación de Pearson de la Grasa de Tronco y Visceral con el resto de variables antropométricas, bioquímicas y de presión arterial*

Variable		Grasa de Tronco	P	Grasa Visceral	P
Edad	Años	<b>0,304</b>	0,0079	<b>0,257</b>	0,026
Peso	kg	<b>0,712</b>	<0,0001	<b>0,731</b>	<0,0001
Talla	cm	<b>-0,029</b>	0,8062	0,091	0,4356
Índice de Masa Corporal	kg/m <sup>2</sup>	<b>0,794</b>	<0,0001	<b>0,726</b>	<0,0001
Perímetro Abdominal Máximo	cm	<b>0,83</b>	<0,0001	<b>0,746</b>	<0,0001
Perímetro de cadera	cm	<b>0,692</b>	<0,0001	<b>0,609</b>	<0,0001
Índice Cintura Altura		<b>0,79</b>	<0,0001	<b>0,658</b>	<0,0001
Índice Cintura Cadera		<b>0,708</b>	<0,0001	<b>0,66</b>	<0,0001
Glucosa	mg/dL	<b>0,307</b>	0,0075	0,126	0,2819
Colesterol total	mg/dL	<b>0,237</b>	0,0407	0,185	0,1119
Triglicéridos	mg/dL	<b>0,347</b>	0,0023	<b>0,341</b>	0,0027
P arterial Sistólica	mmHg	<b>0,235</b>	0,0421	<b>0,282</b>	0,0142
P arterial Diastólica	mmHg	0,177	0,129	<b>0,268</b>	0,02

**Tabla III**  
*Áreas bajo la curva del perímetro abdominal máximo, índice de masa corporal, índice cintura-cadera e índice cintura-altura, grasa de tronco y visceral, para identificar la presencia de síndrome metabólico, sobrepeso y obesidad*

Variable Clasificatoria		Perim Abd Max	IMC	ICC	ICA	G Tronco	G Visceral
Síndrome metabólico	ABC	0,873	0,915	0,839	0,909	0,848	0,818
	EE	0,0674	0,0445	0,0755	0,0477	0,0775	0,0775
	IC 95%	0,776-0,939	0,828-0,967	0,736-0,914	0,821-0,963	0,746-0,920	0,712-0,897
	P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Youden index	0,6377	0,7826	0,5507	0,7319	0,6739	0,5652
Sobrepeso	ABC	0,919	0,981	0,834	0,932	0,929	0,931
	EE	0,0327	0,0139	0,0532	0,028	0,0333	0,0315
	IC 95%	0,832-0,969	0,919-0,999	0,730-0,910	0,850-0,977	0,845-0,975	0,848-0,976
	P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Youden index	0,7581	0,9677	0,6687	0,871	0,737	0,7419
Obesidad	ABC	0,916	1	0,848	0,93	0,87	0,841
	EE	0,0322	0	0,0464	0,0277	0,0457	0,0466
	IC 95%	0,829-0,968	0,952-1,000	0,746-0,920	0,846-0,976	0,772-0,936	0,738-0,915
	P	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Youden index	0,6636	1	0,6045	0,7273	0,6136	0,6409

Perim Abd Max: Perímetro abdominal máximo, IMC: índice de masa corporal, ICC: índice cintura-cadera, ICA: índice cintura-altura, ABC: Área bajo la curva, EE: error estándar, IC: intervalo de confianza, P: valor de significación

## Discusión

El presente estudio muestra que la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, tienen una gran capaci-

dad para predecir el SM, así como, estas presentan fuertes correlaciones con las medidas antropométricas que evalúan la obesidad central y el SM. Según nuestro conocimiento, es el primer estudio que demuestra

**Tabla IV**

*Puntos de corte y valores de sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y valores predictivos de las variables antropométricas y de bioimpedancia abdominal, para identificar la presencia de síndrome metabólico, sobrepeso y obesidad*

	Pto de corte	Sens	95% CI	Espec	95% CI	+LR	95% CI	-LR	95% CI	+PV	95% CI	-PV	95% CI
<b>Sdme metabólico</b>													
P abd	>99	100	54,1-100,0	63,77	51,3-75,0	2,76	2,0-3,8	0		19,4	7,5-37,5	100	92,0-100,0
IMC	>29,4	100	54,1-100,0	78,26	66,7-87,3	4,6	2,9-7,2	0		28,6	11,3-52,2	100	93,4-100,0
ICC	>0,99	100	54,1-100,0	55,07	42,6-67,1	2,23	1,7-2,9	0		16,2	6,2-32,0	100	90,7-100,0
ICA	>0,62	83,33	35,9-99,6	89,86	80,2-95,8	8,21	3,7-18,1	0,19	0,03-1,1	41,7	15,2-72,3	98,4	91,5-100,0
G Tronco	>37,2	83,33	35,9-99,6	84,06	73,3-91,8	5,23	2,7-10,0	0,2	0,03-1,2	31,2	11,0-58,7	98,3	90,9-100,0
G Visceral	>13	100	54,1-100,0	56,52	44,0-68,4	2,3	1,8-3,0	0		16,7	6,4-32,8	100	91,0-100,0
<b>Sobrepeso</b>													
P abd	>93	75,81	63,3-85,8	100	75,3-100,0			0,24	0,2-0,4	100	92,5-100,0	46,4	27,5-66,1
IMC	>24,5	96,77	88,8-99,6	100	75,3-100,0			0,032	0,008-0,1	100	94,0-100,0	86,7	59,5-98,3
ICC	>0,956	82,26	70,5-90,8	84,62	54,6-98,1	5,35	1,5-19,2	0,21	0,1-0,4	96,2	87,0-99,5	50	28,2-71,8
ICA	>0,52	87,1	76,1-94,3	100	75,3-100,0			0,13	0,07-0,2	100	93,4-100,0	61,9	38,4-81,9
G Tronco	>21,1	96,77	88,8-99,6	76,92	46,2-95,0	4,19	1,6-11,3	0,042	0,01-0,2	95,2	86,7-99,0	83,3	51,6-97,9
G Visceral	>11,5	74,19	61,5-84,5	100	75,3-100,0			0,26	0,2-0,4	100	92,3-100,0	44,8	26,4-64,3
<b>Obesidad</b>													
P abd	>99	90	68,3-98,8	76,36	63,0-86,8	3,81	2,3-6,3	0,13	0,03-0,5	58,1	39,1-75,5	95,5	84,5-99,4
IMC	>29,7	100	83,2-100,0	100	93,5-100,0			0		100	83,2-100,0	100	93,5-100,0
ICC	>0,98	95	75,1-99,9	65,45	51,4-77,8	2,75	1,9-4,0	0,076	0,01-0,5	50	33,4-66,6	97,3	85,8-99,9
ICA	>0,57	100	83,2-100,0	72,73	59,0-83,9	3,67	2,4-5,6	0		57,1	39,4-73,7	100	91,2-100,0
G Tronco	>37,4	65	40,8-84,6	96,36	87,5-99,6	17,87	4,4-72,3	0,36	0,2-0,7	86,7	59,5-98,3	88,3	77,4-95,2
G Visceral	>13	95	75,1-99,9	69,09	55,2-80,9	3,07	2,0-4,6	0,072	0,01-0,5	52,8	35,5-69,6	97,4	86,5-99,9

Sens: sensibilidad, Espec: especificidad, LR: likelihood ratios positivos (+) y negativos(-) y PV: valores predictivos ositivos (+) y negativos(-)

que los valores de grasa de tronco y niveles de grasa visceral, determinados con bioimpedancia abdominal, permiten, con gran sensibilidad y especificidad, el diagnóstico y para el cribado del síndrome metabólico en varones de mediana edad.

Un estudio de Mateo-Gallego<sup>37</sup>, realizado con el mismo instrumento de análisis de impedancia abdominal, halla altas correlaciones entre la circunferencia de cintura con las medidas de grasa abdominal total y el nivel de grasa visceral, en hombres y en todos los grupos de edad, (< 30, 31-40, 41-50, 51-60 años con correlaciones de 0,54 a 0,95 y de 0,74 a 0,97, respectivamente, concluyendo que la medida de la circunferencia de la cintura es un buen indicador de la grasa visceral, sin encontrar relaciones con la edad. En el presente estudio, también se encuentran correlaciones significativas de las medidas antropométricas con las medidas derivadas de la bioimpedancia abdominal ( $P < 0,05$ ) y también, entre la edad y la grasa abdominal total y visceral, aunque de forma débil ( $r = 0,30$  y  $0,26$ , respectivamente) pero también de forma significativa ( $P < 0,05$ ). Estas asociaciones deben tomarse con cautela, pues en nuestro estudio, como ya se ha referido, se han encontrado correlaciones entre la grasa de tronco y visceral con la edad, pero al realizar correlaciones parciales y estar controladas con el IMC, dejan de ser significativas ( $r = 0,21$ ,  $P = 0,07$  y  $r = 0,12$ ,  $P = 0,24$  respectivamente), denotando la influencia del IMC sobre esta relación. El estudio de Mateo-Gallego, encuentra el mismo grado de asociación ( $r = 0,30$ ) entre la edad y la grasa abdominal total, pero este, no realizan correlaciones parciales, controladas por el IMC.

Individualmente la grasa de tronco también se correlaciona con los biomarcadores, glucosa, el colesterol y los triglicéridos. Los aumentos de grasa de tronco y visceral, son formas de deposición local, que se presentan en la obesidad y por tanto, estas alteraciones bioquímicas también se relacionan con la obesidad. Esta circunstancia podría relacionarse con la llamada cintura hipertriglicéridémica<sup>30</sup>, situación en la cual existe un perímetro de cintura mayor de 94 cm y unos niveles superiores a 150 mg/dL de triglicéridos, encontrando este hecho en un 9,3% de la muestra del estudio (7 de 75) y con la coyuntura de que la mayoría eran sedentarios. En otros estudios importantes ya se ha encontrado la asociación entre la grasa visceral y las alteraciones de la presión arterial, la diabetes y el síndrome metabólico<sup>38</sup>, pero las relaciones en nuestro estudio son débiles.

Aunque el índice de masa corporal, el perímetro de la cintura y el índice cintura-altura, son medidas indirectas y buenas indicadores de la grasa abdominal central, en este estudio, se presentan como las variables que más relacionan con la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral<sup>37</sup>. En el presente estudio, destacan las correlaciones del perímetro máximo de cintura y el índice cintura-altura, por encima de perímetro de cadera o el índice cintura-cadera. Las correlaciones entre las medidas antropométricas y las de bioimpedancia ab-

dominal coinciden con las aportadas por Baudrand y colaboradores, que encuentran las mismas relaciones de las medidas, destacando que el mayor porcentaje de sujetos de ese estudio, eran mujeres<sup>39</sup>.

Existe gran consenso en base a los diferentes estudios, que valores mayores a 0,95 de índice de cintura-cadera, en hombres, se relacionan con riesgos para la salud, particularmente con riesgos de tipo metabólico, como el aumento de triglicéridos y colesterol<sup>40</sup>. En nuestro estudio se comprueban estas mismas correlaciones, por lo cual y de la misma forma que esos autores, se recomendaría la utilización de las medidas antropométricas en el seguimiento del síndrome metabólico.

En un estudio multicéntrico<sup>27</sup> realizado en una población 1746 varones, entre 35 y 74 años, obtuvieron para la circunferencia de cintura, un valor de corte de 94,5 cm, que se asoció a la mayor sensibilidad y especificidad en el diagnóstico del síndrome metabólico. En nuestro estudio el punto de corte del perímetro abdominal máximo en relación al diagnóstico de síndrome metabólico, estado de sobrepeso y obesidad, fueron 99, 93 y 99 cm respectivamente, los cuales se hallan ligeramente por encima y correspondiendo el mismo valor de 99 cm para el diagnóstico de obesidad y síndrome metabólico.

Por los resultados encontrados las correlaciones del perímetro abdominal con la grasa de tronco y el nivel de grasa visceral, se confirmaría la utilidad de la toma de estas medidas en el seguimiento de las enfermedades asociadas a la obesidad y sus complicaciones. Los estudios de Casanueva y colaboradores en una amplia población española y sobre un amplio grupo en rango de edad, encuentran las mismas asociaciones y promueven el control clínico del SM mediante la toma de medidas antropométricas<sup>41</sup>.

En el trabajo de Baudrand<sup>39</sup>, encuentran unas ABC del TAV de 0,93 para el diagnóstico de SM. Estos valores son ligeramente superiores a los de nuestra cohorte, con un punto de corte de 10, ligeramente inferior pero con unos valores de sensibilidad y especificidad muy parecidos (100 y 82% respectivamente).

En un estudio en población catari las ABC para los índices antropométricos son bajos para el IMC (0,56), circunferencia de cintura (0,78), ICA (0,74) e ICC (0,75) en comparación con los nuestros que van de 0,83 a 0,90<sup>42</sup>.

En el seguimiento clínico de los factores asociados al SM, se deberían corresponder los cambios bioquímicos, antropométricos y de BIA, con los cambios en el tejido visceral. Estos cambios se ha comprobado, que fueron asociados, a los cambios en los factores de riesgo metabólico, especialmente en los triglicéridos y el HDL y pueden incluso estos cambios, ser independientes de los cambios del peso corporal y del perímetro abdominal<sup>43</sup>.

Las estrategias de tratamiento, encaminadas a la disminución de las cantidades de grasa visceral, mediante el ejercicio físico<sup>44</sup> y la dieta rica en triglicéridos de

cadena media<sup>45,46</sup>, pueden dar como resultado, la disminución de los factores de riesgo asociados y por los resultados obtenidos, la bioimpedancia abdominal es un método, simple y no invasivo, para la evaluación de las cantidades de grasa visceral en estudios y seguimientos epidemiológicos.

### Limitaciones del estudio

El estudio se ha realizado en un número relativamente bajo de sujetos y aunque los datos son claramente significativos, se deberían comprobar estos resultados en muestras más amplias. La bioimpedancia abdominal es un método fiable y utilizado en situaciones de control clínico, que de ninguna de las maneras puede sustituir a los métodos de referencia en la estimación precisa de la composición corporal y en particular de la cantidad de grasa visceral, pero que está demostrada su utilidad en estudios de seguimiento por su rapidez y fiabilidad<sup>17</sup>.

### Conclusiones

La grasa de tronco y visceral, se asocian significativamente al síndrome metabólico en sujetos varones de mediana edad y las áreas bajo la curva, con similar capacidad para discriminar el estado de SM. Ambas mediciones por medio de la bioimpedancia eléctrica abdominal muestran su utilidad y capacidad en el diagnóstico del SM y los puntos de corte obtenidos, podrían utilizarse para el cribado del síndrome metabólico en contextos clínicos.

Futuras investigaciones, se deberían centrar también en la comprobación y el análisis de los cambios de las grasas de tronco y visceral y su relación concomitante a los cambios, con los factores del síndrome metabólico, con los riesgos asociados y la probabilidad de aparición.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Referencias

1. Amato MC, Giordano C, Galia M, Criscimanna A, Vitabile S, Midiri M, et al. Visceral adiposity index: A reliable indicator of visceral fat function associated with cardiometabolic risk. *Diabetes Care*. 2010; 33(4):920-2.
2. Codoñer-Franch P, Murria-Estal R, Tortajada-Girbés M, Del Castillo-Villaescusa C, Valls-Bellés V, Alonso-Iglesias E. New factors of cardiometabolic risk in severely obese children: Influence of pubertal status. *Nutr Hosp*. 2010;25(5):845-51.
3. Bray GA, Jablonski KA, Fujimoto WY, Barrett-Connor E, Haffner S, Hanson RL, et al. Relation of central adiposity and body mass index to the development of diabetes in the Diabetes Prevention Program. *Am J Clin Nutr*. 2008;87(5):1212-8.

4. Després J-P, Lemieux I, Bergeron J, Pibarot P, Mathieu P, Larose E, et al. Abdominal obesity and the metabolic syndrome: contribution to global cardiometabolic risk. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2008;28(6):1039-49.
5. Kuk JL, Katzmarzyk PT, Nichaman MZ, Church TS, Blair SN, Ross R. Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obesity* (Silver Spring). 2006;14(2):336-41.
6. Hunter GR, Snyder SW, Kekes-Szabo T, Nicholson C, Berland L. Intra-abdominal adipose tissue values associated with risk of possessing elevated blood lipids and blood pressure. *Obes Res*. 1994;2(6):563-8.
7. Pickhardt PJ, Jee Y, O'Connor SD, del Rio AM. Visceral adiposity and hepatic steatosis at abdominal CT: association with the metabolic syndrome. *AJR Am J Roentgenol* [Internet]. 2012;198(5):1100-7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22528899>
8. Von Eyben FE, Mouritsen E, Holm J, Dimcevski G, Montvilas P, Suci G. Computed tomography scans of intra-abdominal fat, anthropometric measurements, and 3 nonobese metabolic risk factors. *Metabolism*. 2006;55(10):1337-43.
9. Pimentel GD, Portero-McLellan KC, Oliveira EP, Spada APM, Oshiiwa M, Zemdegs JCS, et al. Long-term nutrition education reduces several risk factors for type 2 diabetes mellitus in Brazilians with impaired glucose tolerance. *Nutr Res*. 2010;30(3):186-90.
10. Demerath EW, Sun SS, Rogers N, Lee M, Reed D, Choh AC, et al. Anatomical patterning of visceral adipose tissue: race, sex, and age variation. *Obesity* (Silver Spring). 2007;15(12):2984-93.
11. Despres JP, Couillard C, Gagnon J, Bergeron J, Leon AS, Rao DC, et al. Race, visceral adipose tissue, plasma lipids, and lipoprotein lipase activity in men and women: the Health, Risk Factors, Exercise Training, and Genetics (HERITAGE) family study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* [Internet]. 2000;20(8):1932-8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10938014>
12. Naboush A, Hamdy O. Measuring visceral and hepatic fat in clinical practice and clinical research. *Endocr Pract* [Internet]. 2013;19(4):587-9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23425646>
13. Armellini F, Zamboni M, Robbi R, Todesco T, Rigo L, Bergamo-Andreis IA, et al. Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized tomography. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1993;17(4):209-14.
14. Després JP, Prud'homme D, Pouliot MC, Tremblay A, Bouchard C. Estimation of deep abdominal adipose-tissue accumulation from simple anthropometric measurements in men. *Am J Clin Nutr*. 1991;54(3):471-7.
15. Dervaux N, Wubuli M, Megnien JL, Chironi G, Simon A. Comparative associations of adiposity measures with cardiometabolic risk burden in asymptomatic subjects. *Atherosclerosis*. 2008;201(2):413-7.
16. Fosbøl MØ, Zerahn B. Contemporary methods of body composition measurement. *Clin Physiol Funct Imaging* [Internet]. 2014;1-17. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24735332>
17. Browning LM, Mugridge O, Chatfield MD, Dixon AK, Aitken SW, Joubert I, et al. Validity of a new abdominal bioelectrical impedance device to measure abdominal and visceral fat: comparison with MRI. *Obesity* (Silver Spring). 2010;18(12):2385-91.
18. Zamrazilová H, Hlavatý P, Dusátková L, Sedláčková B, Hainerová IA, Kunesová M, et al. [A new simple method for estimating trunk and visceral fat by bioelectrical impedance: comparison with magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry in Czech adolescents]. *Cas Lek Cesk*. 2010;149(9):417-22.
19. Thomas EL, Collins AL, McCarthy J, Fitzpatrick J, Durighel G, Goldstone AP, et al. Estimation of abdominal fat compartments by bioelectrical impedance: the validity of the ViScan measurement system in comparison with MRI. *Eur J Clin Nutr*. 2010;64(5):525-33.
20. Mousa U, Kut A, Bozkus Y, Cicek Demir C, Anil C, Bascil Tutuncu N. Performance of abdominal bioelectrical impedance analysis and comparison with other known parameters in pre-

- dicting the metabolic syndrome. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2013;121(7):391-6.
21. Alberti KGMM, Zimmet P, Shaw J. Metabolic syndrome--a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med*. 2006;23(5):469-80.
  22. Bellido D, López de la Torre M, Carreira J, de Luis D, Bellido V, Soto A, Luengo LM, Hernández A, Vidal J, Becerra A BM. Anthropometric measures of central abdominal fat and discriminant capacity for metabolic syndrome in a Spanish population. *Clin Investig Arter*. 2013;25(3):105-9.
  23. Marcuello C, Calle-Pascual AL, Fuentes M, Runkle I, Rubio MA, Montañez C, et al. Prevalence of the metabolic syndrome in Spain using regional cutoff points for waist circumference: The di@bet.es study. *Acta Diabetol*. 2013;50(4):615-23.
  24. Fernández-Bergés D, Félix-Redondo FJ, Lozano L, Pérez-Castán JF, Sanz H, Cabrera De León A, et al. [Prevalence of metabolic syndrome estimated with the new World Health Organization recommendations. The HERMEX study]. *Gac Sanit* [Internet]. 2011;25(6):519-24. Available from: [http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-91112011000600014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt&nhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21803460](http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112011000600014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt&nhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21803460)
  25. Millan S, Samaniego-Sanchez C, Romero A, Quesada-Granados JJ, de la Serrana H. Metabolic syndrome and nutrition in a Granada's tropical coast population. *Nutr Hosp*. 2013;28(4):1190-4.
  26. Calbo Mayo JM, Terrance de Juan I, Fernández Jiménez P, Rodríguez Martín MJ, Martínez Díaz V, Santisteban López Y, et al. Prevalence of metabolic syndrome in the province of Albacete (Spain). *Rev Clin Esp*. 2007;207(2):64-8.
  27. Martínez-Larrad MT, Fernández-Pérez C, Corbatón-Anchuelo A, Gabriel R, Lorenzo C S-RM. Metabolic syndrome, adiponectin, and cardiovascular risk in Spain (the Segovia study): impact of consensus societies criteria. *Metab Syndr Relat Disord* [Internet]. 2013;11(5):309-18. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23734759>
  28. Soto González A, Bellido Guerrero D, Buño Soto M, Pértega Díaz S, De Luis D, Lopez de la Torre M, et al. Does the prevalence of the metabolic syndrome improve by applying the International Diabetes Federation criteria? *Public Health Nutr*. 2007;10(10A):1173-80.
  29. Ascaso JF, Millan J, Mateo-Gallego R, Ruiz A, Suarez-Tembra M, Borrallo RM, et al. Prevalence of metabolic syndrome and cardiovascular disease in a hypertriglyceridemic population. *Eur J Intern Med*. 2011;22(2):177-81.
  30. Gomez-Huelgas R, Bernal-López MR, Villalobos A, Manceira-Romero J, Baca-Osorio AJ, Jansen S, et al. Hypertriglyceridemic waist: an alternative to the metabolic syndrome? Results of the IMAP Study (multidisciplinary intervention in primary care). *Int J Obes (Lond)*. 2011;35(2):292-9.
  31. Rodríguez Bernardino A, García Polavieja P, Reviriego Fernández J, Serrano Ríos M. [Prevalence of metabolic syndrome and consistency in its diagnosis in type 2 diabetic patients in Spain]. *Endocrinol Nutr* [Internet]. 2010;57(2):60-70. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20153706>
  32. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A CL. International Standards for Anthropometric Assessment. Potschefstroom (South Africa): International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK); 2006.
  33. National Cholesterol Education Program. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*. 2002;106:3143-421.
  34. Chobanian A V., Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL, et al. Seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension*. 2003. p. 1206-52.
  35. Alberti KGMM, Zimmet P, Shaw J. International Diabetes Federation: a consensus on Type 2 diabetes prevention. *Diabet Med*. 2007;24(5):451-63.
  36. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organ Tech Rep Ser [Internet]. 2000;894:i - xii, 1-253. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11234459>
  37. Mateo-Gallego R, Bea AM, Jarauta E, Perez-Ruiz MR, Civeira F. Age and sex influence the relationship between waist circumference and abdominal fat distribution measured by bioelectrical impedance. *Nutr Res*. 2012;32(6):466-9.
  38. Fox CS, Massaro JM, Hoffmann U, Pou KM, Maurovich-Horvat P, Liu CY, et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: Association with metabolic risk factors in the framingham heart study. *Circulation*. 2007;116(1):39-48.
  39. Baudrand R, Domínguez JM, Tabilo C, Figueroa D, Jimenez M, Eugenin C, et al. The estimation of visceral adipose tissue with a body composition monitor predicts the metabolic syndrome. *J Hum Nutr Diet*. 2013;26(SUPPL.1):154-8.
  40. Lean ME, Han TS, Morrison CE. Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *BMJ*. 1995;311(6998):158-61.
  41. Casanueva FF, Moreno B, Rodríguez-Azaredo R, Massien C, Conthe P, Formiguera X, et al. Relationship of abdominal obesity with cardiovascular disease, diabetes and hyperlipidaemia in Spain. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2010;73(1):35-40.
  42. Bener A, Yousafzai MT, Darwish S, Al-Hamaq AOAA, Nasralla EA, Abdul-Ghani M. Obesity index that better predict metabolic syndrome: Body mass index, waist circumference, waist hip ratio, or waist height ratio. *J Obes*. 2013;2013.
  43. Okauchi Y, Nishizawa H, Funahashi T OY. Reduction of visceral fat is associated with decrease in the number of metabolic risk factors in Japanese men. *Diabetes Care*. 2007;30:2392-4.
  44. Fernández-Vázquez R, Correas-Gómez L CE, Alvero-Cruz JR. Importancia clínica, métodos diagnósticos y efectos del ejercicio físico sobre la grasa visceral. *Arch Med del Deport*. 2014;31(6):414-21.
  45. Sáyago-Ayerdi SG, Vaquero MP, Schultz-Moreira A, Bastida S S-MS. Utilidad y controversias del consumo de ácidos grasos de cadena media sobre el metabolismo lipoproteico y la obesidad. *Nutr Hosp*. 2008;23(3):191-202.
  46. Fischer K, Pick JA, Moewes D NU. Qualitative aspects of diet affecting visceral and subcutaneous abdominal adipose tissue: a systematic review of observational and controlled intervention studies. *Nutr Rev*. 2015;73(4):191-215.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



Original/Otros

## Effects of food and drink ingestion on body composition variables of abdominal bioelectrical impedance

Rosalía Fernández Vázquez<sup>1</sup>, Javier Martínez Blanco<sup>2</sup>, María del Mar García Vega<sup>3</sup>, Miguel Ángel Barbancho<sup>1,4</sup> and José Ramón Alvero Cruz<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Málaga, Andalucía. Tech. Dpto. de Fisiología Humana, Histología, Anatomía Patológica y Educación Física y Deportiva. Facultad de Medicina. Campus de Teatinos, Málaga. <sup>2</sup>Unidad de Residencias del Distrito Sanitario Costa del Sol. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, Málaga. <sup>3</sup>Residencia Sarquavita Isdabe (Estepona), Málaga. <sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Biomédicas de Málaga, España.

### Abstract

**Objective:** to know the changes in trunk fat and visceral fat level determined by abdominal bioelectrical impedance (BIA) as well as other anthropometric measures related to the central or abdominal fat after the ingestion of a lunch.

**Methods:** the experimental study was conducted to assess a longitudinal intervention descriptive study. Participants: 21 subjects (10 male and 11 female), volunteers who have access to a medical assessment, with an age of  $74 \pm 13.43$  years. Measurements: Maximal waist circumference in standing position, waist circumference at navel level in supine position and sagittal abdominal diameter (SAD). In the same position trunk fat and visceral fat level by abdominal bioelectrical impedance analysis with Tanita AB-140 (ViScan) were obtained before and after meal.

**Results:** anthropometric measures as waist circumference in supine position and SAD did not show significant differences ( $P > 0.05$ ), after food ingestion, except for a significant increase of the maximal waist circumference in standing position ( $P < 0.05$ ). In addition trunk fat and visceral fat ratio did not change ( $P > 0.05$ ). The percentage changes of the measures were less than 2% for waist circumference in standing position, waist circumference by Viscan, sagittal abdominal diameter and trunk fat and 5.9% for visceral fat ratio.

**Conclusions:** the effects on trunk fat and visceral fat ratio by abdominal bioelectrical impedance are minimal

### EFFECTOS DE LA COMIDA Y LA BEBIDA SOBRE LAS VARIABLES DE COMPOSICIÓN CORPORAL EN LA BIOIMPEDANCIA ABDOMINAL

### Resumen

**Objetivo:** conocer los cambios en la grasa del tronco y el nivel de grasa visceral determinado por BIA abdominal, así como otras medidas antropométricas relacionadas con la grasa abdominal o central después de la ingestión de una comida.

**Métodos:** se realizó un protocolo experimental para evaluar un estudio descriptivo de intervención longitudinal. Los participantes fueron 21 sujetos (10 hombres y 11 mujeres), voluntarios que tuvieron acceso a una evaluación médica, con una edad de  $74 \pm 13,43$ . Las mediciones antropométricas fueron: circunferencia de la cintura máxima en posición de pie, circunferencia de la cintura a nivel del ombligo en posición de decúbito supino y diámetro sagital abdominal (SAD). Además se obtuvo la grasa del tronco y el nivel de grasa visceral, por análisis de impedancia bioeléctrica abdominal, con un dispositivo Tanita AB-140 (ViScan), todo ello antes y después de una ración de comida.

**Resultados:** las medidas antropométricas, como la circunferencia de la cintura en posición supina y SAD, no mostraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), después de la ingestión de alimentos, a excepción de un aumento significativo de la circunferencia de la cintura máxima en posición de pie ( $P < 0,05$ ). Además, la relación entre la grasa visceral y en tronco no cambió ( $P > 0,05$ ). Los cambios porcentuales de las medidas fueron menores del 2% para la circunferencia de la cintura en posición de pie, para la circunferencia de cintura por Viscan, para el diámetro sagital abdominal y la grasa del tronco, y un 5,9% para el nivel de grasa visceral.

**Conclusiones:** los efectos de una comida y bebida sobre la grasa del tronco y el nivel de grasa visceral, medidas por impedancia bioeléctrica abdominal, son mínimas,

**Correspondence:** José Ramón Alvero Cruz.  
Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte.  
Campus de Teatinos, Edificio López de Peñalver, Universidad de Málaga, 29071 Málaga.  
E-mail: alvero@uma.es

Recibido: 10-VII-2015.  
Aceptado: 14-VIII-2015.

after the ingestion of a portion of food and drink, although it is always recommended to do it in fasting conditions.

(*Nutr Hosp.* 2015;32:2269-2273)

DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9618

Key words: *Abdominal bioelectrical impedance. Trunk fat. Visceral fat. Waist circumference. Sagittal abdominal diameter. Food effects.*

## Abbreviations

BIA: Bioelectrical impedance analysis.

FFM: Fat-free mass.

FM: Fat mass.

ISAK: International Society for Advancement in Kinanthropometry.

Khz: kilohertz.

Kj: Kilojoules.

Kcal: kilocalorías.

R: Resistance ( $\Omega$ ).

SAD: Sagittal abdominal diameter.

## Introduction

The definition of bioelectrical impedance (BIA) has been introduced in the 1950s. Thomasset, was the first to relate the total body water with the whole body impedance. Estimates of body composition, through the BIA, are based on different dielectric and conductive properties of body tissues, at different frequencies<sup>1</sup>.

The single BIA uses the frequency of 50 kHz, to measure the impedance and estimate body composition. The multi-frequency BIA was developed by the need to know the distribution of extra and intracellular fluids (intracellular and extracellular water).

The BIA method of easy application and use in several settings, for body composition assessment, however the BIA measurements are standardized under several conditions<sup>2</sup>, and this method is sensitive to the influence of different factors, e.g. temperature<sup>3,4</sup>, food and drink ingestion, physical exercise and sweating among others<sup>5</sup>, body position changes<sup>6</sup>, or combinations of fasting conditions and rest<sup>7</sup>.

These physiological situations are important to take into account when comparing studies of different authors and especially when we analyze repeated comparisons and for body composition assessments<sup>8,9</sup>.

There are studies showing the effects of food and drink ingestion on the whole body impedance<sup>10,11</sup>. Within 4 hours after food ingestion, this has an effect of decrease of impedance, representing a relatively small error of up to 3%. This same percentage of change can also be 3% after being supine position for 60 minutes.

It has been recently approved device of abdominal bioimpedance, which are able to estimate trunk fat and visceral fat levels<sup>12,13</sup>, but are unknown, the

aunque siempre es recomendable hacerlo en condiciones de ayuno.

(*Nutr Hosp.* 2015;32:2269-2273)

DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9618

Palabras clave: *Impedancia bioeléctrica abdominal. Grasa del tronco. Nivel de grasa visceral. Circunferencia de cintura. Diámetro sagital abdominal. Efectos de la comida.*

effects of food and/or drink, on outcomes that offers this instrument of abdominal bioimpedance. Measures of fat located regionally in the trunk and in particular in intra-abdominal location is visceral fat and are related to metabolic syndrome<sup>14,15</sup> and therefore highlights the importance of quantification in high risk groups.

These circumstances forced us to test possible changes in the variables of abdominal bioelectrical impedance, that some patients and residents who had to impose a schedule required of these people having to go out to eat, which, in some cases there was some disparity in the measurement conditions, therefore, the objective of the present study was to check, the magnitude of changes in trunk fat and visceral fat level determined by BIA as well as other anthropometric measures related to abdominal fat, due to ingestion of a lunch.

## Methods

### Subjects

Twenty-one (10 male and 11 female) volunteered subjects of  $74.0 \pm 13.43$  years old participate in the study. All of them are older people living in a nursing home, subjected to strict timetables of the center. All of them, received detailed information from the study to be carried out within a medical examination by the Unidad de Residencias del Distrito Sanitario Costa del Sol (Consejería de Salud de la Junta de Andalucía-Málaga) and signed by the medical officer, the subsequent informed consent was given. Prior to the BIA outlined the need to urinate. The study was approved by our Ethics Committee of the University of Málaga and respected the principles of Helsinki for research in humans.

### Study design

Participants were measured by anthropometric techniques and abdominal BIA, before and after lunch and similarly accessed to the dining room and the second body composition measurement. The mean time between measurements was  $46.2 \pm 3.4$  min. All abdominal BIA and anthropometric measures were measured in duplicate, computing the average value.



## Anthropometric measurements

Maximal waist circumference at the level of the iliac crests was measured with a Cescorf tape measured to the nearest 0.1 cm (Cescorf, Brazil). In supine position was measured the sagittal abdominal diameter (SAD) with an anthropometer with straight branches Holtain (Holtain, Crymich, Great Britain) to the nearest 0.1 cm. The intraclass correlation coefficient was greater than 0.97 for all measures. Technical error of measurement for anthropometric variables was <1%. Anthropometric measurements were obtained according to the recommendations of the International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK)<sup>16</sup>.

## Abdominal bioelectrical impedance

An abdominal BIA with Tanita AB-140, ViScan® (Tanita, Japan) were performed for measuring trunk fat and visceral fat ratio. With the subject in supine position, on a non-metallic table, was initially measured the waist circumference in the coronal plane and a central point on the omphalion, according to the manufacturer's instructions', by projecting a light. Trunk fat and visceral fat level ratio were obtained after having a belt with four electrodes, focused and willing at the level of the navel. Body composition values were derived by extrapolation of (6.25 to 50 KHz) impedance measures resulting values of trunk fat, expressed in percentage value (range 0-75%) and a level of visceral fat, expressed as visceral fat ratio (in arbitrary numerical units, from 1 to 59).

## Diet

The meal of the participants consisted of a bowl of lentils with rice, hake with salad and a pear. The energy content of the meal was of 3495 Kj or 840 Kcal. The average volume of water ingested by subject was 300±247 mL.

## Statistical methods

All results are expressed as means±standard deviation. The homogeneity of the variances of the dependent variables was assessed by means of the Shapiro-Wilk. Normality Test show a normal distribution. The difference between before and after was tested by Student *t*-test, for paired data. Also, found the size effect, calculated from data and is a descriptive statistic that conveys the magnitude of changes. The Cohen coefficient is the index that shows us the ability to show any change (Cohen's *d*)<sup>17,18</sup>. Values of the Cohen's coefficient of 0.2 to 0.3 were considered low, 0.2 to 0.5 medium and a value >0.8 was a large value<sup>19</sup>. Statistical analyses was performed by using the MedCalc software for Windows version 14.12.0 (Mariakerke, Belgium) and the significance level was previously set at *P*<0.05.

## Results

Table I described the variables studied, which did not show significant differences, after ingestion of the food (*P*>0.05), except for a significant increase of the maximum waist circumference in standing position (*P*<0.05). The percentage changes of the measures were less than 2% for waist circumference in standing position, waist circumference by Viscan, sagittal abdominal diameter and trunk fat and 5.9% for visceral fat ratio.

Moreover, the analysis of the effect size, shows that the coefficients *d*, are very low in all tested variables (<0.20) (Table II).

## Discussion

The results of this research show that a food and drink ingestion, do not produce significant changes in anthropometric variables and body composition variables by abdominal bioelectrical impedance. Both, the anthropometric measures and abdominal bioimpedance changes are very small and not significant. There are no works that examined these variations of the ab-

**Table I**  
*Anthropometric and abdominal bioelectrical impedance changes after food ingestion*

Variable		Before	After	<i>P</i>
Waist circumference	cm	101.71±15.80	102.8±14.96	0.007
Waist circumf. Viscan	cm	100.55±11.84	101.7±12.14	0.170
SAD	cm	23.29±4.73	23.55±5.08	0.258
Trunk fat	%	38.05±8.70	37.3±9.24	0.464
Visceral fat ratio		13.50±5.05	14.35±5.10	0.068

SAD: Sagittal abdominal diameter

**Table II***Differences and effect size of anthropometric and abdominal bioelectrical impedance changes after food ingestion*

<i>Variable</i>	<i>Difference</i>	<i>SD of differences</i>	<i>Cohen's d</i>
Waist circumference	1.055	1.56	0.068
Waist circumf Viscan	1.15	3.60	0.095
SAD	0.265	1.01	0.054
Trunk fat	-0.75	4.48	-0.083
Visceral fat ratio	0.85	1.96	0.167

Max: maximal; Abd: Abdominal. SAD: Sagittal abdominal diameter. SD: Standard deviation.

dominal BIA after solid meal and beverage ingestion. This study is very important in the context of nursing homes, because the timetables can produce variations in research methodology.

Universally standardized protocols of BIA measurements have to be developed and implemented. The standard recommendations for the use of the BIA are well known and are related to the use of the equipment and the use of electrodes, as well as care available in which to avoid the contact with metals and magnetic fields, the previous measurement of height and weight, as well as compliance with the instructions of the manufacturer<sup>2,20</sup>. These described recommendations, are for the whole body impedance and it is not necessary to enter the weight or height of the individuals in the abdominal BIA.

There are described, variations of the whole body impedance, with supine position<sup>6,9</sup>. The small variation of the abdominal BIA not may have been due to supine position, because the BIA carried out, obtaining the results, not requires hardly more than 100-120 seconds.

An increase in the whole-body resistance (R), produces a decrease of the fat-free mass (FFM) and an increase of fat mass (FM). The decrease R by food and fluids ingestion produces the opposite effect, for greater easily pass of alternating current through the water component<sup>11,21</sup>.

The effects of food intake on R, may take several hours, even until there is the night fasting<sup>21</sup>. Changes of bioelectrical impedance with food and beverages may decrease whole body resistance and it is related to changes of different fluids and electrolytes, as well as its distribution, which follow the absorption and digestion of food<sup>11</sup> and in addition the decrease of impedance are greater, in relation to amount of food and beverage intake<sup>21</sup>.

The effect of food on the BIA, after an hour, shows decreases of trunk fat and this circumstance, would be in line with the decrease in body resistance. Greater measurement of liquids, a greater assumption of water and fat-free mass and therefore there is a decrease in fat<sup>10,21,22</sup>. Normally, less than 3% fat, changes which would be consistent with the present study<sup>22</sup>. Percentage of anthropometric measures and variations of BIA, in this study, are less than 2%. These changes are con-

sidered very low, because the variations between days under the same conditions as the fast, or in the morning and after emptying the bladder, are checked a few minor variations of 3%<sup>10</sup>.

It should take into account that the supine or the resting position produces a decrease in the BIA, with an increase in the fat percent. The differences in the fat percentage may reach 10%. Changes in visceral fat level have been 6.3%, albeit with a proven, small size effect and without statistical significance.

The abdominal bioelectrical impedance can measure fat trunk, which is closely related to the total intra-abdominal fat and subcutaneous fat, however the level of visceral fat is related to intra-abdominal fat<sup>13</sup>. The values of abdominal fat measured by BIA have a good concordance with DXA as reference method<sup>23</sup>. Studies of BIA should respect the standardized methodology to optimize the measures. Once again, it seems that the most influential factor in the variation of the values of the BIA is the intake of food and drink and not to the redistribution of liquids determined by orthostatic changes.

### Study limitations

The results should be interpreted with caution given the small sample size and it must be studied over one period longer than 2-3 hours after food and drink ingestion.

### Conclusions

This study shows that measures of abdominal bioimpedance, does not produce variations in the variables of trunk fat and visceral fat level, so it can be used under the conditions referred to in the study without variations in the outcome variables in the first hour after lunch.

### Aknowledgements

This study was supported by grants of Escuela de Medicina de la Educación Física y del Deporte of

Universidad de Málaga and Centro Internacional de Posgrado y Doctorado of Universidad de Málaga. The authors also thank to occupational therapist, Celia Sánchez Galán from Residencia Sarquavitae Isdabe for your great collaboration.

## Referencias

1. Thomasset A. Measurement of the extracellular fluid volume by the electro-chemical method. Biophysical significance of 1 kilocycle impedance on the human body. *Lyon Med* 1965; 214: 131-143.
2. Alvero-Cruz JR, Correas-Gómez L, Ronconi MF-, Vázquez R Pi MJ. Bioelectrical impedance analysis as a method of body composition estimation: a practical approach. *Rev Med Deport* 2011; 4(4): 167-174.
3. Caton JR, Molé PA, Adams WC, Heustis DS. Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20(5): 489-491.
4. Gudivaka D, Kushner, R. F. RS. Effect of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 1996; 81(2): 838-845. <http://jap.physiology.org/content/81/2/838.abstract>.
5. Demura S, Yamaji S, Goshi F NY. The influence of transient change of total body water on relative body fats based on three bioelectrical impedance analyses methods. Comparison between before and after exercise with sweat loss, and after drinking. *J Sport Med Phys Fit* 2002; 42(1): 39-44.
6. Slinde F, Bark A, Jansson J, Rossander-Hulthén L. Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12 h in the supine position. *Clin Nutr* 2003; 22(2): 153-157. doi:10.1054/clnu.2002.0616.
7. Cáceres DI, Sartor-Messagi M, Rodríguez DA, Escalada F, Gea J, Orozco-Levi M ME. Variability in bioelectrical impedance assessment of body composition depending on measurement conditions: influence of fast and rest. *Nutr Hosp* 2014; 30(6): 1359-1365. doi:10.3305/nh.2014.30.6.7934.
8. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004; 23(5): 1226-1243. doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004.
9. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis--part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 2004; 23(6): 1430-1453. doi:10.1016/j.clnu.2004.09.012.
10. Deurenberg P, Weststrate JA, Paymans I, van der Kooy K. Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *Eur J Clin Nutr* 1988; 42(12): 1017-1022.
11. Gallagher M, Walker KZ, O'Dea K. The influence of a breakfast meal on the assessment of body composition using bioelectrical impedance. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52(2): 94-97. doi:10.1038/sj.ejcn.1600520.
12. Zamrazilová H, Hlavatý P, Dusátková L, et al. [A new simple method for estimating trunk and visceral fat by bioelectrical impedance: comparison with magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry in Czech adolescents]. *Cas Lek Cesk* 2010; 149(9): 417-422.
13. Thomas EL, Collins AL, McCarthy J, et al. Estimation of abdominal fat compartments by bioelectrical impedance: the validity of the ViScan measurement system in comparison with MRI. *Eur J Clin Nutr* 2010; 64(5): 525-533. doi:10.1038/ejcn.2010.237.
14. Gomez-Huelgas R, Bernal-López MR, Villalobos A, et al. Hypertriglyceridemic waist: an alternative to the metabolic syndrome? Results of the IMAP Study (multidisciplinary intervention in primary care). *Int J Obes (Lond)* 2011; 35(2): 292-299. doi:10.1038/ijo.2010.127.
15. Kuk JL, Katzmarzyk PT, Nichaman MZ, Church TS, Blair SN, Ross R. Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obesity (Silver Spring)* 2006; 14(2): 336-341. doi:10.1038/oby.2006.43.
16. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A CL. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom (South Africa): International Society for Advancement in Kinanthropometry (ISAK); 2006.
17. Norman GR, Wyrwich KW, Patrick DL. The mathematical relationship among different forms of responsiveness coefficients. *Qual Life Res* 2007; 16(5): 815-822. doi:10.1007/s11136-007-9180-x.
18. Husted JA, Cook RJ, Farewell VT, Gladman DD. Methods for assessing responsiveness: a critical review and recommendations. *J Clin Epidemiol* 2000; 53(5): 459-468. doi:10.1016/S0895-4356(99)00206-1.
19. Cohen J. Quantitative Methods in Psychology- A Power Primer. *Psychol Bull* 1992; 112: 155-159. doi:10.1038/141613a0.
20. Assessment NIOHT, Statement C. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am J Clin Nutr* 1996; 64(3 Suppl): 524S-532S. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8780375>.
21. Slinde F, Rossander-Hulthén L. Bioelectrical impedance: Effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *Am J Clin Nutr* 2001; 74(4): 474-478.
22. Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr* 1996; 64(3 Suppl): 423S-427S.
23. Manios Y, Kanellakis S, Moschonis G, Pipidis I, Skoufas E Z V. Estimation of abdominal fat mass: validity of abdominal bioelectrical impedance analysis and a new model based on anthropometry compared with dual-energy x-ray absorptiometry. *Menopause* 2013; 20(12): 1280-1283.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

T3T4:P.138

**Serum gamma glutamyl transferase and metabolic syndrome and its components in Chinese***Chao M-C, Hu S-L, Ho C-T, Lin C-H, Liu C-S, Lin C-C, Lin W-Y*  
Min-Chun Chao, Taichung, Taiwan (Province of China)**Introduction:** To assess the associations between serum *gamma glutamyl transferase* (GGT) levels and the prevalence of metabolic syndrome and its components.**Methods:** A total of 6091 people, aged 20 years and above, were recruited from a health examination center in a tertiary hospital in Taiwan from 2006 to 2008. 6073 subjects of these population had serum *gamma glutamyl transferase* data. Anthropometric index, questionnaire and laboratory assays were collected. Serum GGT levels were divided into two groups with cut off value of 50 mg/dL. Metabolic syndrome was defined by the AHA/NHLBI criteria. Multiple logistic regression analyses were used to estimate the odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals for the prevalence of metabolic syndrome and its components in relation to GGT levels**Results:** Serum GGT levels were correlated with fasting plasma glucose, triglycerides, systolic BP, diastolic BP, HDL-C, and waist circumference. After adjustment for age, sex, cigarette smoking, alcohol consumption, and physical activity, body mass index, serum glutamic pyruvic transaminase (SGPT), estimated glomerular filtration rate (eGFR), the ORs (95% CI) of having metabolic syndrome were 1.91(1.51–2.43) among subjects with high serum GGT levels compared to subjects with low serum GGT levels. After stratified by gender, serum GGT levels were significant associated with the prevalence of metabolic syndrome among men, but not among women. Besides, subjects with more factors of MeS had higher GGT levels, regardless of overall population, men, or women.**Conclusion:** Elevated serum GGT level was independent associated with metabolic syndrome. The association, however, was not significant among women. Further study was necessary.**1. Conflict of Interest:** None Disclosed**2. Funding:** Research relating to this abstract was funded from the National Science Council of Taiwan (NSC 100-2314-B-039-018) and from China Medical University Hospital (DMR-101-058).

T3T4:P.140

**Validation and reliability of the Beliefs about the Causes of Obesity Questionnaire (BaCOBs)***León-Sánchez R, Jiménez-Cruz BE*

National Autonomous University of Mexico (UNAM), Mexico City, Mexico

**Introduction:** It is necessary to investigate people's ideas about the causes of obesity because such ideas might be related to their eating habits and their attitudes towards obese individuals. The objective of this study was to design and analyze the structure and reliability of the Beliefs about the Causes of Obesity Questionnaire (BaCOBs).**Method:** 497 high school students (249 women and 248 men) from Mexico City, with ages ranging between 15–22 years old ( $M = 16.82$ ;  $SD = 1.342$ ) took part in this study.**Results:** Initial results (KMO = .826; Bartlett's Test of Sphericity:  $\chi^2 = 2870.868$ ;  $df = 300$ ;  $p < .000$ ) suggested the use of factorial analysis. A Principal Components Analysis and Varimax rotation revealed a five-factor structure that explains the 54.74% of the total variance. In the end, the BaCOBs questionnaire was composed of 19 items (out of the original 34) and organized as follows: F1 *eating and exercising habits* ( $\alpha = .672$ ); F2 *will power* ( $\alpha = .798$ ); F3 *genetic factors* ( $\alpha = .667$ ); F4 *environmental factors* ( $\alpha = .630$ ) and F5 *family upbringing* ( $\alpha = .663$ ).**Conclusions:** The results show that the BaCOBs questionnaire is an adequate tool for the evaluation of individuals' ideas about the causes of obesity.

T3T4:P.141

**Abdominal bioimpedance device is a useful to detect fasting blood glucose impairment in middle-aged men***Alvero-Cruz JR<sup>1</sup>, Fernández-Vázquez R<sup>1</sup>, Millán A<sup>1</sup>, Fernández-García JC<sup>2</sup>, Correias-Gómez L<sup>2</sup>, Lage A<sup>2</sup>, Jiménez-López M<sup>1</sup>, Camero EA<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Sports Medicine School. School of Medicine. University of Málaga. Spain, Málaga, Spain, <sup>2</sup>Laboratory of Biodynamic and Body Composition. University of Málaga. Spain, Málaga, Spain**Introduction:** Visceral abdominal adipose tissue (VAT) has been strongly associated with metabolic syndrome (MS) markers as fasting glycaemia. VAT measurement is a time-consuming and expensive and as consequence impractical for clinical and field settings. Recently, a new portable bioelectrical impedance device for abdominal region (Viscan<sup>®</sup>) has been developed, which estimates total abdominal fat (TAF) and VAT. However, there is a lack of cut-off values, which allow us to use Viscan<sup>®</sup> results as diagnostic tool. It was our aim to find cut-off values from Viscan<sup>®</sup> results for glycaemia impairment diagnostic.**Methods:** 77 Caucasian males were enrolled [age:  $37.0 \pm 9.7$  years; weight:  $84.8 \pm 13.2$  kg;  $174.4 \pm 7.5$  cm;  $27.8 \pm 3.98$  kg/m<sup>2</sup>]. Fasting plasma blood glucose (FBG) was measured using glucose hexokinase methodology. VAT and TAF were measured with BIA (Viscan<sup>®</sup>). Two groups were created, subjects with glucose impairment (fasting glucose  $>110$  mg/dl) and without. ROC analyses were performed to determine cut-off points to have glucose impairment.**Results:** Areas under curves of VAT and TAF were  $0.72 \pm 0.10$  (95%CI: 0,612 to 0,824) and  $0.79 \pm 0.11$  (95%CI: 0,685 to 0,879) respectively. ROC analysis showed cut-off points of 12 and 37.2% for VAT and TAF.**Conclusion:** The main finding of this analysis was VAT and FAT showed good sensitivity and specificity to diagnose impairment on FBG in Caucasian middle-aged men, hence it suggests Viscan<sup>®</sup> as a useful tool to perform MS screening. Nevertheless, the cut-offs values obtained must be confirmed on larger samples.**1. Conflict of Interest:** None Disclosed**2. Funding:** Research relating to this abstract was funded by Sports Medicine School. University of Málaga.

T3T4:P.142

**Objective measurement of life-style behaviours in free-living conditions: Development and validation of a posture-recognition algorithm from triaxial accelerometer data***Bastian T<sup>1,2</sup>, Gris F<sup>3,4</sup>, Dugas J<sup>1,2</sup>, Maire A<sup>1,2</sup>, Perrin E<sup>4</sup>, Blanc S<sup>5</sup>, Caritu Y<sup>4</sup>, Jallon P<sup>3,4</sup>, Simon C<sup>1,2,6</sup>*<sup>1</sup>CRNH Rhône-Alpes, Lyon, France, <sup>2</sup>CarMeN (INSERM U1060/Université Lyon1/INRA U1235), Lyon, France, <sup>3</sup>CEA-LETI, Grenoble, France, <sup>4</sup>Movea, Grenoble, France, <sup>5</sup>IPHC-DEPE (CNRS/Université de Strasbourg), Strasbourg, France, <sup>6</sup>Université Claude Bernard, Lyon, France**Introduction:** Developing methods to monitor physical activity (PA) in free-living conditions is essential to study the relationships between PA -or the lack of PA- and health. Accelerometers enable continuous measurements of PA levels over extended periods of times. However, they often underestimate PA levels associated to cycling and fail to capture low-intensity activities, two of the main targets of interventions aiming at preventing or treating obesity. In order to overcome these limitations we developed a classification algorithm capable of identifying 8 types of PA from triaxial accelerometer data.**Methods:** Data from 63 subjects ( $n=29$  with  $BMI < 25$ ,  $n=17$  with  $25 < BMI < 30$ ,  $n=17$   $BMI > 30$ ) wearing a triaxial accelerometer (MotionPOD<sup>TM</sup>, Movea) while performing standardised activities in the laboratory were used to calibrate the algorithm. First, advanced signal processing was used to determine the sensor orientation. Then, a machine learning approach based on hidden Markov models was applied to identify 8 types of PA (lying down, slumped, sitting, standing, pacing,

T3T4:P.124

### Prevalence of Type 2 diabetes (T2D) and prediabetes are similar in severely obese women with and without polycystic ovary syndrome (PCOS)

Manning S<sup>1</sup>, Pucci A<sup>1</sup>, Smith R<sup>1</sup>, Batterham R<sup>1</sup>, Finer N<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>UCLH Centre for Weight Loss, Metabolic and Endocrine Surgery, London, United Kingdom, <sup>2</sup>National Centre for Cardiovascular Prevention and Outcomes, UCL Institute of Cardiovascular Science, London, United Kingdom

**Introduction:** PCOS is associated with an increased risk of impaired glucose tolerance and T2D. However, the prevalence of varying degrees of glucose intolerance in women with PCOS has not been extensively studied in the setting of severe obesity. Furthermore, the prevalence of prediabetes, using HbA1c diagnostic criteria as defined by the American Diabetes Association, has not previously been investigated in women with PCOS.

**Methods:** Prevalence of T2D and prediabetes was compared in obese women of reproductive age, with and without a diagnosis of PCOS, who attended a pre-operative bariatric surgery clinic between 2010 and 2011. PCOS status was documented on all patients.

**Results:** A total of 340 women of reproductive age were included in the analysis. 69 (20.3%) had been previously diagnosed with PCOS, mean age 33.8±7.3 years and body mass index (BMI) 46±6.3 kg/m<sup>2</sup>, compared to mean age of 38.6±8.2 and BMI 47.4±7.5 kg/m<sup>2</sup> in non-PCOS women (n=271, 79.8%). The prevalence of T2D and prediabetes was 20.3% (n=14) and 33.3% (n=23) respectively in PCOS women compared to 20.3% (n=55) and 40.3% (n=109) respectively in non-PCOS women (p=0.97 for T2D, p=0.33 for prediabetes). However, HbA1c for 9 of 17 PCOS women without T2D, who were on metformin for treatment of PCOS, was in the prediabetes range.

**Conclusions:** Prevalence of T2D and prediabetes were similar in severely obese women with and without PCOS, suggesting that a diagnosis of PCOS does not confer an additive risk in women with severe obesity. The high prevalence of prediabetes in both groups is consistent with the high risk of T2D associated with severe obesity.

T3T4:P.125

### Abdominal bioimpedance device is a useful to detect prehypertension in middle-aged men

Fernández-Vázquez R<sup>1</sup>, Alvero-Cruz JR<sup>1</sup>, Millán A<sup>1</sup>, Fernández-García JC<sup>2</sup>, Camero EA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sports Medicine School, School of Medicine, University of Málaga, Spain, Málaga, Spain, <sup>2</sup>Laboratory of Biodynamic and Body Composition, University of Málaga, Spain, Málaga, Spain

**Introduction:** High blood pressure (BP) and regional obesity (visceral and total) have been closely related. Nevertheless, the level of abdominal adiposity above which blood pressure becomes a risk for health, has not been elucidated yet. It was our aim to explore cut-off values of total abdominal fat (TAF) and visceral adipose tissue (VAT) associated with pre-hypertension (preHT)

**Methods:** 77 Caucasian males participated in this study (age: 37.0 ± 9.7 years; weight: 84.8 ± 13.2 kg; 174.4 ± 7.5 cm; BMI, 27.8 ± 3.98 kg/m<sup>2</sup>). BP measurements were obtained in the right arm using a mercury sphygmomanometer and appropriately sized cuffs, following the classical protocol. Patients were classified as normal BP or preHT in accordance with the 7<sup>th</sup> JNC report. VAT and TAF were measured with bioimpedance (Viscan®). ROC analyses were performed to determine sensitivity and specificity to detect cut-off values of VAT and TAF associated with significant provability of preHT.

**Results:** Prevalence of systolic and diastolic preHT in this sample was 28 and 16%. VAT were different between groups: 16.8 ± 7.1 vs. 12.9 ± 5.9 (preHT and normal patients respectively, *P* = 0.019). Areas under curves (AUC) of VAT and TAF for systolic preHT as a classification variable were 0.66 ± 0.07 (95%CI: 0.55 to 0.77) and 0.64 ± 0.07 (95%CI: 0.52 to 0.75) respectively. AUCs for diastolic preHT for all variables were non significant.

**Conclusion:** This preliminary analysis highlighted VAT and FAT as a useful tool to diagnose systolic preHT in Caucasian middle-aged men. Suggesting a good validity of Viscan® device.

**1. Conflict of Interest:** None Disclosed

**2. Funding:** Research relating to this abstract was funded by Sports Medicine School, University of Málaga.

Tabla 2.

Chicos	5	10	25	50	75	90	95
Peso	24,44	24,88	25,80	29,00	40,00	49,06	55,43
Talla	125,08	125,80	129,45	136,60	149,60	158,10	172,00
% grasa	4,38	9,01	9,29	10,14	11,31	12,62	16,23
% muscular	24,78	43,21	45,82	46,63	47,86	48,89	49,06
Endomorfa	1,83	1,95	2,11	2,75	3,39	3,78	5,39
Mesomorfa	2,48	2,81	3,15	3,88	4,50	5,30	5,86
Ectomorfa	1,45	2,08	2,82	3,70	4,18	4,65	4,79
Fl dorsal TI	18,10	19,00	20,00	23,00	26,50	31,40	39,20
Fl dorsal TD	17,10	18,00	21,00	24,00	28,00	38,00	40,00
Fl plantar TI	25,10	26,20	31,50	35,00	39,50	45,80	54,10
Fl plantar TD	25,10	26,40	32,00	36,00	41,00	45,80	58,60
Rot Ext Cad I sentado	35,70	42,00	45,00	50,00	58,00	70,00	74,50
Rot Ext Cad D sentado	6,70	43,40	45,50	50,00	58,50	71,60	74,70
Rot Ext Cad I prono	50,50	56,00	60,50	67,00	70,00	75,00	79,50
Rot Ext Cad D prono	51,00	60,00	60,00	65,00	71,00	75,00	80,40
Flexión tronco	-12,20	-4,20	1,75	5,00	9,50	15,50	17,35

## P-21. Efectos de la comida sobre variables antropométricas y de grasa de tronco y visceral por bioimpedancia

Diego Acosta AM<sup>1</sup>, Fernández Vázquez R<sup>1</sup>, García Vega MM<sup>3</sup>, García Lavigne JÁ<sup>4</sup>, Martínez Blanco J<sup>2</sup>, Rodríguez Linares MV<sup>2</sup>, Ramos Gil R<sup>2</sup>, Alvero-Cruz JR<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Málaga. Andalucía Tech. Laboratorio de Composición Corporal. EMEFIDE. Facultad de Medicina. Campus de Teatinos s/n., 29071 Málaga. <sup>2</sup>Unidad de Residencias Distrito Sanitario Costa del Sol. Servicio Andaluz de Salud. <sup>3</sup>Residencia SAR Quavita Isdabe Estepona. <sup>4</sup>Residencia Seniors Marbella.

**Introducción:** Los efectos de la comida y la bebida sobre las mediciones de masa grasa (MG) derivadas por bioimpedancia eléctrica (BIA) tienen efectos que pueden modificar las estimaciones de MG y masa libre de grasa. El objetivo del trabajo fue determinar, si existen diferencias en el perímetro abdominal máximo (PAbM), diámetro sagital abdominal (DSA) como indicadores de obesidad central y en las variables de grasa de tronco y visceral estimadas por BIA.

**Material y métodos:** El estudio se realizó en un grupo de 13 personas institucionalizadas (5 hombres y 8 mujeres) de 73,1±11,6 años de edad. Antes de la comida, entre las 13-14 horas, se midieron las variables antropométricas: PAbM y DSA y mediante el sistema AB-140 de BIA abdominal (ViScan) se obtuvieron valores de perímetro abdominal a nivel umbilical, así como la grasa de tronco y nivel de grasa visceral. Tras la comida y a partir de las 15 h se volvieron a medir a los mismos sujetos en orden, los mismos parámetros. Se utilizó una T de Student y un test de Wilcoxon para datos apareados para comparar ambos momentos.

**Resultados:** El PAbM en bipedestación aumentó de 105,5±13,5 cm a 108,5±11,3 cm, (P=0,22). El Pabd en decúbito supino varió de 102,4±8,6 cm a 105 ± 8,9 cm (P=0,39). El DSA no presentó cambios significativos (23,6 ± 3,2 cm vs 24,05 ± 3,5 cm; P=0,94). El Índice de Grasa Visceral no presentó cambios significativos (13,7±5,2 vs 15,0±5,7; P=0,20), así como la grasa de tronco (39,3±7,3% vs 38,7±8,4%; P=0,24).

**Conclusiones:** Los cambios tras la primera hora, sobre las variables antropométricas y de BIA abdominal, no son significativos y acordes a los efectos producidos por la comida.

**Palabras clave:** Bioimpedancia abdominal. Medidas antropométricas. Obesidad central.

## P-22. Valoración antropométrica de un equipo femenino de voleibol a lo largo de seis temporadas

Ferrer López V<sup>1</sup>, Martínez González-Moro I<sup>1</sup>, Carrasco Poyatos M<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Ejercicio Físico y Rendimiento Humano. Campus Mare Nostrum. Universidad de Murcia. <sup>2</sup>Universidad San Antonio Murcia.

**Introducción:** El voleibol es un deporte al que se le han dedicado pocos estudios, en comparación con otras disciplinas, especialmente en su versión femenina. Como deporte de equipo, que se juega en un campo separado por una red, el rendimiento depende de diversos factores. Entre ellos están las características antropométricas de las jugadoras, su



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA