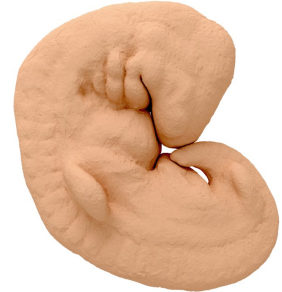


Región cefálica del embrión humano de 30 días

Se trata de un embrión humano que con arreglo a las características morfológicas de su sistema nervioso se sitúa entre las etapas 13 y 14 de Carnegie (O'Rahilly & Gardner, 1971), y que corresponde por tanto a una edad de 30-31 días y 6 mm aproximadamente ¹ (O'Rahilly & Müller, 1987, 2010).



Morfología externa

En esta etapa del desarrollo, la morfología general de la región cefálica viene claramente determinada por el desarrollo del tubo neural, y son prominentes las zonas en las que protruyen el diencefalo prácticamente en contacto con la prominencia cardiaca, o la flexura del mesencefalo. El rasgo más característico es la presencia de los arcos branquiales, una serie de masas que sobresalen a modo de columnas a ambos lados de la faringe primitiva, separadas entre sí por los correspondientes surcos branquiales. Se identifican claramente los arcos primero, segundo y tercero, de rostral a caudal, así como un rudimento del cuarto y una indentación del ectodermo de superficie que en espacio de pocos días quedará cubierto por crecimiento caudal del opérculo del segundo arco para venir a formar parte del seno cervical.

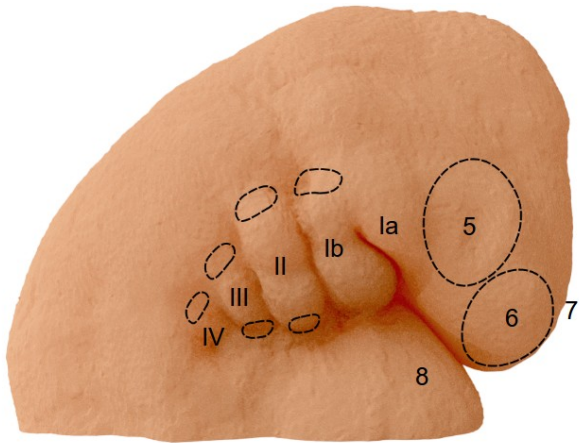
En el hemicuerpo derecho del modelo puede apreciarse que el incipiente cuarto arco branquial aloja en su interior un estrecho cuarto arco aórtico y al nervio vago en desarrollo, mientras que el tercer arco branquial hace lo propio con el tercer arco aórtico bien desarrollado y el nervio glossofaríngeo. Por su parte, el segundo arco branquial contiene fibras del nervio facial, mientras que en el interior del primer arco branquial se sitúa la rama mandibular del nervio trigémino en formación. Los arcos aórticos primero y segundo se encuentran en franca regresión en esta etapa y no se encuentran representados en el modelo.

En relación con los arcos branquiales puede identificarse la localización de las placodas neurogénicas epibranchiales, áreas localizadas de engrosamiento de epitelio columnar especializado que participan en el desarrollo de componentes sensoriales del sistema nervioso periférico en algunas especies, y que en el ser humano contribuyen al desarrollo de algunos pares craneales. Se indica la localización de la placoda óptica, de las cuatro placodas

¹ 4-6 mm / 28 días en C13, y 5-7 mm / 32 días en C14.

epibranquiales, situadas aproximadamente en el límite dorsal de los arcos branquiales primero al cuarto, y de dos placodas hipobranquiales cuyo papel no es bien conocido y que se localizan en el límite ventral de los arcos branquiales segundo y tercero. La vesícula auditiva, derivada de la placoda auditiva, puede identificarse ya invaginada en posición adyacente al romboencéfalo.

En el extremo rostral del embrión se distinguen elementos que contribuyen al desarrollo de la cara, fundamentalmente la prominencia frontonasal y las placodas olfatorias, ambos cubriendo la incipiente región telencefálica, las placodas ópticas en estrecha relación con las evaginaciones ópticas en el diencefalo subyacente, y los procesos maxilar y mandibular del primer arco branquial.



- Ia. primer arco branquial, proceso maxilar.
- Ib. primer arco branquial, proceso mandibular.
- II. segundo arco branquial.
- III. tercer arco branquial.
- IV. cuarto arco branquial.
- 5. placoda óptica.
- 6. placoda olfatoria.
- 7. Prominencia frontonasal.

Se indica mediante líneas discontinuas la localización de las cuatro placodas epibranquiales y las dos placodas hipobranquiales.

Intestino faríngeo

En el hemicuerpo derecho del modelo queda completamente expuesto el suelo del intestino faríngeo, exhibiendo un conjunto de prominencias a partir de las cuales se desarrollará la lengua, así como los arcos branquiales seccionados transversalmente dejando en evidencia las bolsas faríngeas o evaginaciones de la faringe hacia los espacios interbranquiales. En posición más caudal se aprecia la continuación del intestino faríngeo en dirección al intestino medio.

La primera bolsa faríngea y el primer surco branquial adoptarán posiciones de mayor proximidad, por evaginación de la primera, formando el receso tubotimpánico, e invaginación del segundo, que constituye a su vez el conducto auditivo externo. Ambos se sitúan pronto en relación con la vesícula auditiva y del complejo ganglionar que forman los pares VII y VIII

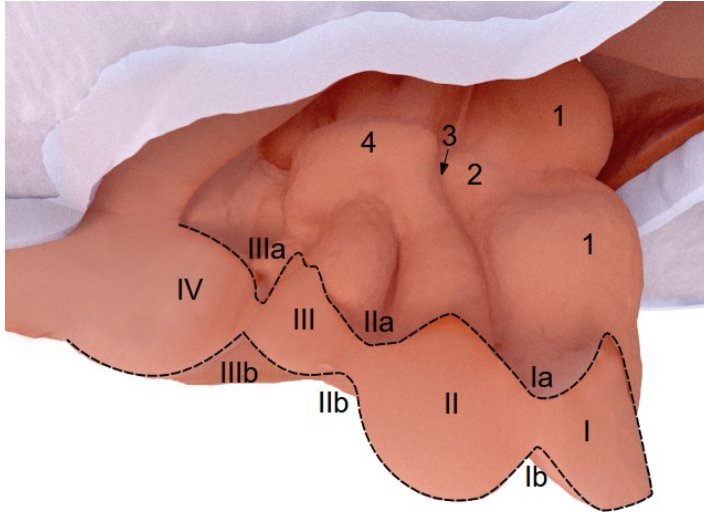
adyacentes al romboencéfalo, para constituir componentes principales del oído. En la segunda bolsa faríngea, situada entre los arcos branquiales segundo y tercero, se formarán en adelante las tonsilas palatinas una vez que son infiltradas por tejido linfoide a partir del tercer mes de desarrollo.

La tercera bolsa faríngea se sitúa entre los arcos branquiales tercero y cuarto, y forma dos recesos, uno ventral y otro dorsal, que adoptarán destinos diferenciados. En el hemisferio derecho del modelo se ha retirado el techo del intestino faríngeo, a fin de exponer el suelo con mayor amplitud, y por este motivo contiene tan solo el receso ventral. El receso dorsal tan sólo puede buscarse en el hemisferio izquierdo en el modelo. El receso ventral formará el timo, mientras que en el dorsal tiene lugar durante la quinta semana el desarrollo de la glándula paratiroidea inferior. Durante su emigración posterior al tórax, el esbozo del timo acarrea consigo a las glándulas paratiroides para situarlas en el cuello adosadas a la glándula tiroides.

La cuarta bolsa faríngea, situada caudalmente al cuarto arco, se compone también de un receso dorsal y uno ventral. El hemisferio derecho del modelo tan solo contiene el ventral. En el receso dorsal se forma la glándula paratiroidea superior, que emigra para situarse también adosada a la glándula tiroides, mientras que en el receso ventral se forma el cuerpo ultimobranquial, cuyas células dan origen, una vez migradas posteriormente a la glándula tiroides, a las células parafoliculares o células C productoras de calcitonina.

La disección no permite distinguir la presencia de bolsa adenohipofisaria.

La proliferación del mesodermo del primer arco branquial genera tres protuberancias en el suelo del intestino faríngeo, dos de ellas laterales y un tubérculo impar en la línea media. El mesodermo de los arcos branquiales segundo, tercero y parte del cuarto forman en esta etapa una cuarta protuberancia más caudal, la eminencia hipobranquial.



1. Prominencias distales.
2. Tubérculo impar.
3. Rudimento de la glándula tiroides.
4. Eminencia hipobranquial.
- I. Primer arco branquial.
- Ia. Primera bolsa faríngea.
- Ib. Primer surco branquial.
- II. Segundo arco branquial.
- IIa. Segunda bolsa faríngea.
- IIb. Segundo surco branquial.
- III. Tercer arco branquial.
- IIIa. Tercera bolsa faríngea.
- IIIb. Tercer surco branquial.
- IV. Cuarto arco branquial.

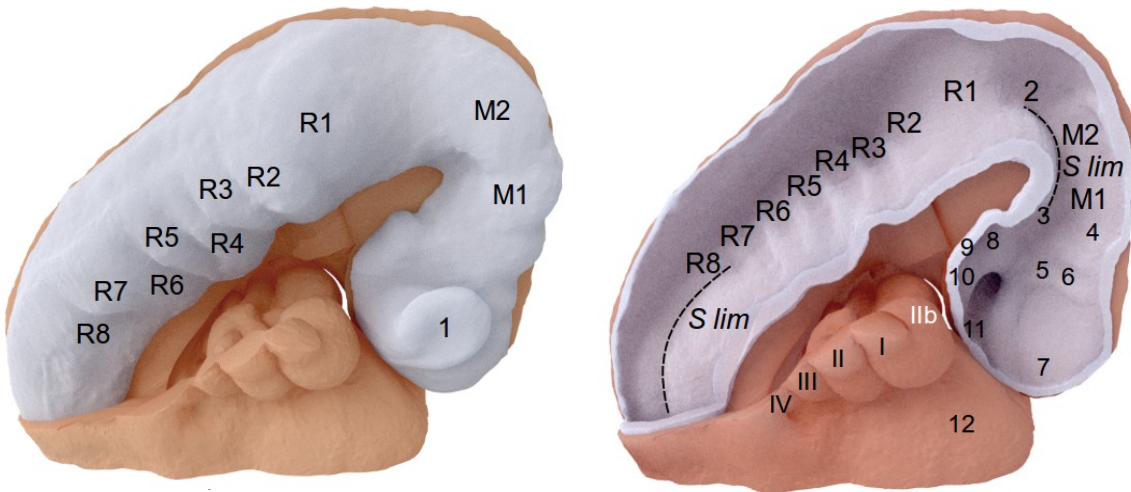
Tubo neural

En esta etapa del desarrollo se distinguen aproximadamente 30 pares de nervios y ganglios espinales, y se empiezan a formar los plexos braquial y lumbosacro. A nivel cefálico, ya ha dado comienzo la formación de los nervios y ganglios occipitocervicales. En el romboencéfalo se están formando las raíces de los nervios craneales V-XII.

Los rombómeros alcanzan en esta etapa su desarrollo máximo dorsoventral. Los neurómeros son segmentos transitorios del cerebro en desarrollo, y los rombómeros son los neurómeros propios del romboencéfalo mientras que los mesómeros y prosómeros son los correspondientes al mesencéfalo y al prosencéfalo, respectivamente. Poco antes de iniciarse el plegamiento cefalocaudal del embrión, en la región que dará origen al romboencéfalo pueden distinguirse ya cuatro rombómeros primarios que se nombran como A-D, que darán lugar posteriormente a rombómeros secundarios 1-8. Los rombómeros secundarios 1-3 se forman a partir del primario A y el 4 a partir del primario B, mientras que el primario el C origina los rombómeros 5-7 y el D da origen tan solo al secundario 8. Algunos rombómeros, el 1 entre otros, no dan origen a cresta neural, y se piensa que ello contribuye probablemente a evitar la fusión de ganglios. El rombómero 2 da origen a la cresta neural de las ramas segunda y tercera del ganglio del trigémino, frente al primer arco branquial. La rama primera del trigémino tiene su origen en la placoda oftálmica, que se identifica como de origen epibranquial. El rombómero 3 tampoco da origen a cresta neural, y el 4 origina la cresta neural del ganglio del geniculado, frente al segundo arco branquial.

La vesícula auditiva u ótica se forma frente al rombómero 5, aunque éste tampoco da origen a cresta neural. El rombómero 6 da origen a la cresta neural del ganglio superior del glossofaríngeo, frente al tercer arco branquial. El ganglio inferior o petroso es de origen epibranchial.

El rombómero 7 da origen a la cresta neural del ganglio superior o yugular del vago, mientras que el inferior o nodoso es de origen epibranchial. El rombómero 8 da origen a la cresta neural del hipogloso. No forma un ganglio sino que acompaña en forma de nervio a los miotomas



óptico. El diencefalo da lugar al hipotálamo y al sinencéfalo propiamente dicho. En este último se distinguen el sinencéfalo, el parencéfalo caudal y el parencéfalo rostral. El sinencéfalo da origen a las regiones pretectal y al área tegmental en la que se diferencian el núcleo intersticial de Cajal y la porción parvocelular del núcleo rojo. El parencéfalo caudal da origen al epitálamo (núcleos habenuares y epífisis) y al tálamo dorsal, mientras que el parencéfalo rostral da origen al tálamo ventral (pretálamo).

1. Evaginación óptica.
2. Istmo.
3. Tegmento del mesencéfalo.
4. Tectum del mesencéfalo.
5. Tálamo ventral.
6. Tálamo dorsal.
7. Telencéfalo.

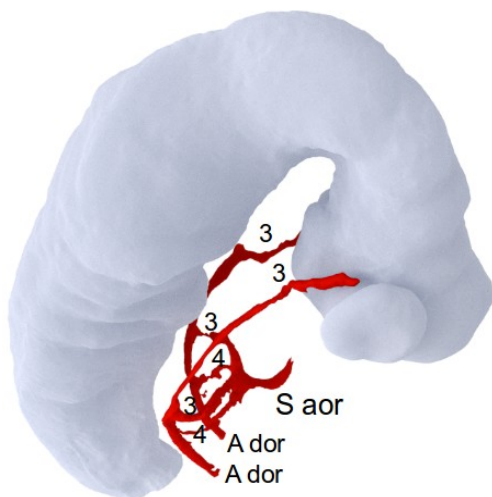
8. Receso mamilar.
9. Infundíbulo.
10. Región del quiasma óptico.
- R1-8. Rombómeros 1 a 8.
- M1, M2. Mesómeros 1 y 2.
- S lim. Surco limitante (línea discontinua).

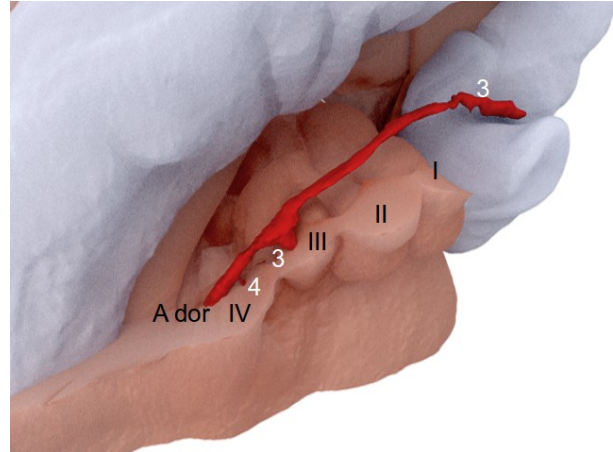
Sistema vascular

El primer arco aórtico se forma por incurvación de la aorta primitiva durante el plegamiento cefalocaudal del embrión y durante un tiempo conduce la totalidad de la corriente de sangre aórtica. Desde su formación como arco queda embebido dentro del primer arco branquial. Los arcos segundo a cuarto tienen origen en sendos plexos vasculares que se desarrollan a partir de la aorta en las paredes lateral del intestino faríngeo, y conforme hacen aparición las bolsas faríngeas van quedando aislados como tales por la evaginación e interposición de éstas en dicho plexo y van quedando así incorporados al interior de los arcos branquiales correspondientes (Padget, 1948). En esta etapa los arcos aórticos primero y segundo se encuentran en fase de regresión y se han omitido en el modelo, mientras que el tercero presenta un desarrollo notable hacia el prosencéfalo en su calidad de primitiva arteria carótida interna. El cuarto arco aórtico se encuentra aún poco desarrollado pero puede identificarse en relación al cuarto arco branquial.

Los vasos venosos de la región cerebral se desarrollan inicialmente a partir de dos plexos capilares que brotan del primer arco aórtico y de las aortas dorsales (Streeter, 1915; Padget, 1956, 1957). Más adelante quedarán interrumpidas sus conexiones con la aorta y se hace definitivo su carácter venoso. El plexo más cefálico se forma a partir del primer arco aórtico y comienza a rodear el tubo neural en la región inmediatamente caudal al tallo óptico, para expandirse a continuación de manera progresiva en dirección caudal. Sin perder continuidad con este plexo, en la región del vago se desarrolla un segundo plexo a partir de las aortas dorsales, en relación con los miotomas y nefrotomas cervicales, para formar la vena cardinal anterior y dar origen posteriormente a la vena yugular interna.

Este circuito venoso cefálico primitivo consta de varios grupos de rama tributarias. En el modelo se han omitido las ramas pequeñas y se muestra tan solo una rama principal en representación de cada grupo de tributarias. Un grupo anterior se sitúa en la región del diencéfalo y del tallo óptico, formando un canal que discurre caudalmente en posición medial al ganglio semilunar. El canal recibe otro grupo de tributarias a nivel del complejo facial y cocleovestibular, en la proximidad de la placa cerebelosa, y se hace lateral para situarse por fuera del complejo, a la vesícula auditiva y a los ganglios del glosofaríngeo. En la vecindad de las raíces y ganglios del vago, el canal vuelve a hacerse medial a los mismos y recibe un grupo posterior u occipital de ramas tributarias para vaciarse finalmente al conducto de Cuvier.





- I. Primer arco branquial.
- II. Segundo arco branquial.
- III. Tercer arco branquial.
- IV. Cuarto arco branquial.

- 3. Tercer arco aórtico.
- 4. Cuarto arco aórtico.
- A dor. Aorta dorsal.
- S aor. Saco aórtico.

Nervios craneales

En el modelo se distinguen ganglios y conjuntos de fibras en formación de los pares craneales V, VII, VIII, IX, X y XII. Los nervios craneales se desarrollan a partir de la cresta neural y de las placodas neurogénicas. Las placodas trigeminal (oftálmica), las cuatro epibranchiales y la auditiva se invaginan para formar los ganglios distales sensoriales tanto del trigémino (primera rama) como del facial (geniculado), del glossofaríngeo (petroso) y del vago (nodoso), así como del vestibulococlear.

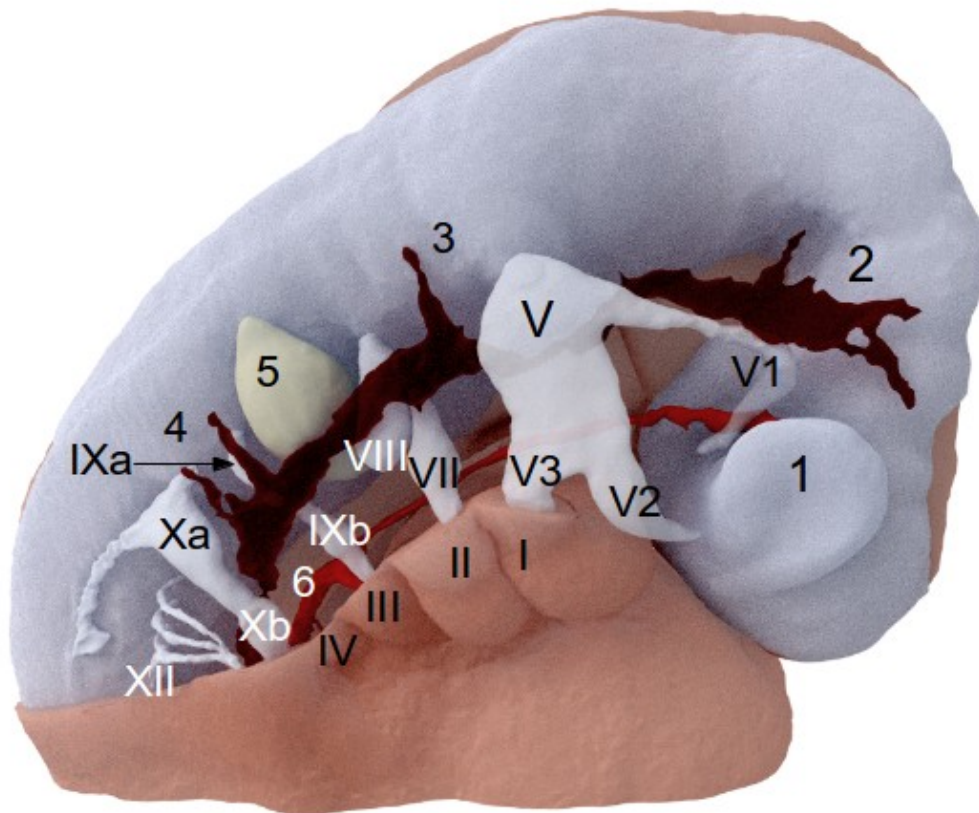
Aunque el origen de los ganglios geniculado y vestibulococlear no se ha establecido definitivamente, el geniculado se forma con toda probabilidad a partir de la cresta neural y de las placodas epibranchiales, mientras que los ganglios vestibular y coclear se forman principalmente a partir de la vesícula auditiva aunque con alguna contribución de la cresta neural. En esta etapa del desarrollo, la vesícula auditiva se encuentra ya completamente invaginada y separada del ectodermo de superficie, frente al rombómero 5. En posición anterior y ventral a la vesícula auditiva se sitúa el complejo ganglionar del geniculado y del vestibulococlear, en cuya formación participan células de la cresta neural que migran desde la pared de la vesícula auditiva y desde la pared del rombómero 4 (Bruska et al., 2009). En esta etapa pueden identificarse el ganglio geniculado, fusiforme y situado en la parte anterior y ventral del complejo, y uno vestibulococlear en posición más dorsal y adosado a la vesícula auditiva.

El nervio glossofaríngeo consiste en esta etapa en dos acúmulos de células ganglionares. Uno

de ellos, en posición más dorsal, se sitúa en la proximidad del tubo neural en posición caudal a la vesícula auditiva y emite prolongaciones hacia el interior del tercer arco branquial. Es precursor del ganglio yugular o superior del glossofaríngeo. Un segundo acúmulo ventral, de mayor tamaño y situado en el extremo dorsal del segundo surco branquial inmediatamente por debajo del ectodermo de superficie, da origen al ganglio inferior o petroso del glossofaríngeo.

El complejo del vago incluye al vago propiamente y al accesorio, que se desarrollan prácticamente como una sola estructura. En esta etapa se distingue un acúmulo de células de la cresta neural muy cerca del tubo neural, al que llegan pequeños fascículos desde varios niveles del tubo hasta el tercero o cuarto nivel cervical. Este grupo forma el ganglio yugular o superior del vago. Los dos tercios caudales de este grupo de fascículos forman la raíz del accesorio. En posición ventral al grupo yugular y separado parcialmente de éste se encuentra otro grupo de células ganglionares que forman el ganglio nodoso, inmediatamente debajo del ectodermo de superficie y que guardará estrecha relación con el desarrollo de los arcos branquiales caudales.

El grupo de raíces del nervio hipogloso se identifica al final de la tercera semana en forma de 3 o 4 grupos de fibras dispersas que parten desde la línea de raíces motoras de los segmentos occipitales o craneales a C1. Durante la cuarta semana crecen hacia el cuarto arco branquial rodeando al ganglio nodoso en dirección al suelo de la boca.



1. Evaginación óptica.
2. Plexo venoso cerebral anterior.
3. Plexo venoso cerebral medio.
4. Plexo venoso cerebral posterior.
5. Vesícula auditiva.
6. Aorta dorsal.
- I. Primer arco branquial.
- II. Segundo arco branquial.
- III. Tercer arco branquial.
- IV. Cuarto arco branquial.
- V. Ganglio trigeminal.

- V1. Rama oftálmica del trigémino.
- V2. Rama maxilar del trigémino.
- V3. Rama mandibular del trigémino.
- VII. Ganglio geniculado.
- VIII. Ganglio vestibulococlear.
- IXa. Ganglio superior del glossofaríngeo.
- IXb. Ganglio inferior del glossofaríngeo.
- Xa. Ganglio superior del vago.
- Xb. Ganglio inferior del vago.
- XII. Raíces del hipogloso.

Referencias

- Bartelmez GW, Dekaban AS. The early development of the human brain. *Cont Embryol* 1962;37:13-32.
- Bruska M, Ulatowska-Błaszyk K, Weglowski M, Woźniak W, Piotrowski A. Differentiation of the facio-vestibulocochlear ganglionic complex in human embryos of developmental stages 13-15. *Folia Morphol (Warsz)* 2009 Aug;68(3):167-73.
- O'Rahilly R, Gardner E. The timing and sequence of events in the development of the human nervous system during the embryonic period proper. *Z Anat Entwicklungsgesch* 1971;134(1):1-12.
- O'Rahilly R, Müller F. Developmental stages in human embryos: revised and new measurements. *Cells Tissues Organs* 2010;192(2):73-84.
- O'Rahilly R, Müller F. *Developmental Stages in Human Embryos*. Carnegie Institute of Washington, Washington, 1987.
- Padget DH. The cranial venous system in man in reference to development, adult configuration, and relation to the arteries. *Am J Anat* 1956;98:307-55.
- Padget DH. The development of the cranial arteries in the human embryo. *Contrib Embryol* 1948;32:205-263.
- Padget DH. The development of the cranial venous system in man, from the viewpoint of comparative anatomy. *Contrib Embryol* 1957;247:81-139.
- Sensenig EC. The development of the occipital and cranial segments and their associated structures in the human embryo. *Contrib Embryol* 1957; 34: 145–157.
- Streeter GL. The development of the venous sinuses of the dura mater in the human embryo. *Contrib. Embryol Am J Anat* 1915;12(2):145-178.