

VIA DE LA SENSIBILIDAD PROFUNDA INCONSCIENTE: PROPIOCEPCION

La vía de la sensibilidad profunda inconsciente representa el paradigma de brazo aferente de un *arco suprasegmentario* cuyo centro se localiza a nivel del cerebelo (espinocerebelo), y es la encargada de llevar al sistema nervioso la sensibilidad profunda inconsciente que se origina en músculos, tendones y articulaciones. Está formada por dos neuronas, la primera localizada en un ganglio sensitivo y la segunda en el asta posterior de la médula espinal. La sensibilidad propioceptiva del territorio de los pares craneales tiene una vía de conducción especial que se describe más adelante.

A. Vía de la sensibilidad propioceptiva de los nervios raquídeos

Es la que conduce al cerebelo la propiocepción de las extremidades y el tronco.

1.- *Primera neurona:* se encuentra situada en los ganglios raquídeos. Las neuronas propioceptivas representan una población de entre un 12 y un 18% de las neuronas de los ganglios raquídeos y se caracterizan por ser las de mayor tamaño (consecuentemente las que poseen axones sensitivos más gruesos y con mayor velocidad de conducción). Son neuronas pseudomonopolares cuya prolongación periférica termina en receptores específicos: los huesos neuromusculares y los órganos tendinosos, además de los mecanorreceptores articulares (tipos Ruffini, laminares simples y paciniformes). La prolongación central del axón entra a formar parte de la raíz posterior de los nervios raquídeos y penetra en la médula espinal para terminar sinaptando como neuronas situadas en la columna posterior de la médula (Figura 1).

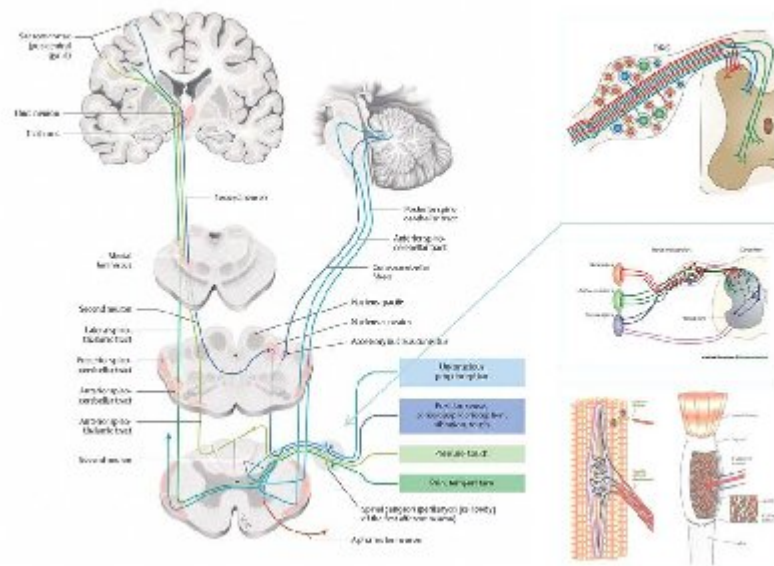


Figura 1.- Primeras neuronas y receptores periféricos de la vía de la sensibilidad propioceptiva

2.- *Segunda neurona*: está situada en la columna posterior de la médula espinal, situada en la base del asta posterior, en correspondencia con la lámina VII. Clásicamente se suele dividir en una parte medial (núcleo de Clarke o columna de Stilling-Clarke) y otra lateral (columna o núcleo de Bechterew). La parte medial sólo existe entre C8 y L1 siendo sustituida de C8 hacia arriba por el núcleo cuneiforme accesorio o externo (Figura 2).

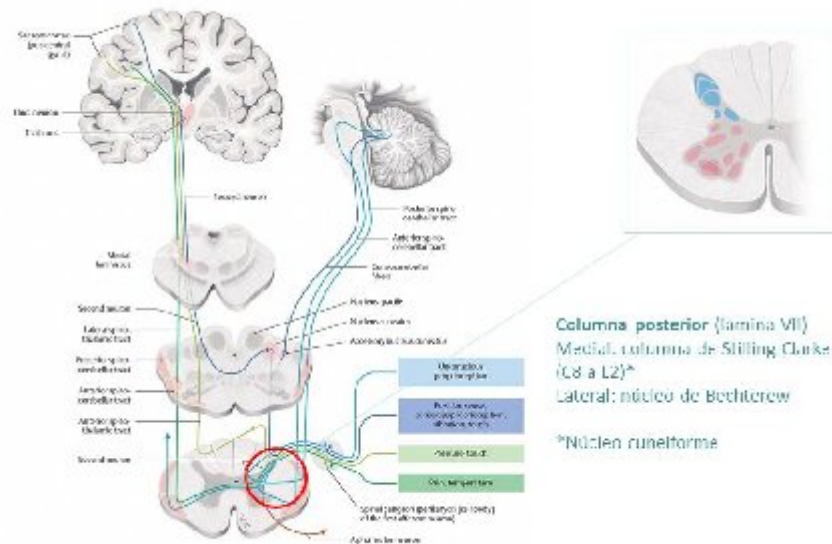


Figura 2.- Segundas neuronas de la vía de la sensibilidad propioceptiva

De las dos divisiones de la columna posterior se originan dos fascículos denominados espino-cerebelosos.

a) fascículo espino-cerebeloso dorsal (posterior o de Foville-Fleshing): se origina en la parte medial (núcleo de Clarke) de la columna posterior, y está formado por axones que no se cruzan, es decir son homo o ipsilaterales, que ascienden por la parte más posterior del cordón lateral de la médula, alcanzan el tronco del encéfalo y penetran en el cerebelo por el pedúnculo cerebeloso inferior. En este fascículo existe somatotopía: las fibras de origen bajo son las más profundas y las de origen alto son superficiales.

Teniendo en cuenta que el núcleo de Clarke sólo existe de C8 a L2, por encima de C8 los axones de las neuronas sensitivas propioceptivas llegan al *núcleo cuneiforme accesorio*, situado por fuera del núcleo cuneiforme, aquí hacen sinapsis y por el pedúnculo cerebeloso inferior llegan al cerebelo formando un fascículo denominado cúneo-cerebeloso. Dentro de éste, algunos autores denominan a las fibras correspondientes a la extremidad superior fascículo espino-cerebeloso rostral.

b) fascículo espino-cerebeloso ventral (anterior o de Gowers): se origina en la parte lateral de la columna posterior (columna de Bechterew). Las fibras son cruzadas (80%) y directas (20%) y se disponen en la parte anterior del cordón lateral, suben por todo el

tronco del encéfalo y penetran en el cerebelo por el pedúnculo cerebeloso superior contralateral (las cruzadas) y por el homolateral (las directas).

3.- *Centro: espinocerebelo*: los axones de los fascículos espinocerebelosos llegan al cerebelo: a la mitad del vérmix (zona vermiana) y a la parte adyacente de los hemisferios cerebelosos (zona intermedia). La primera está conectada con los núcleos del techo y la segunda con los núcleos globoso y emboliforme.

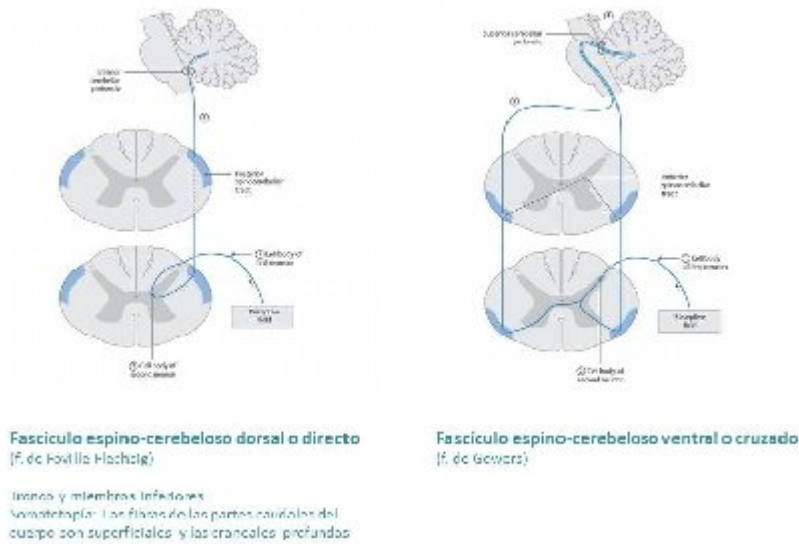


Figura 3.- Fascículos espinocerebelosos de la vía de la sensibilidad propioceptiva

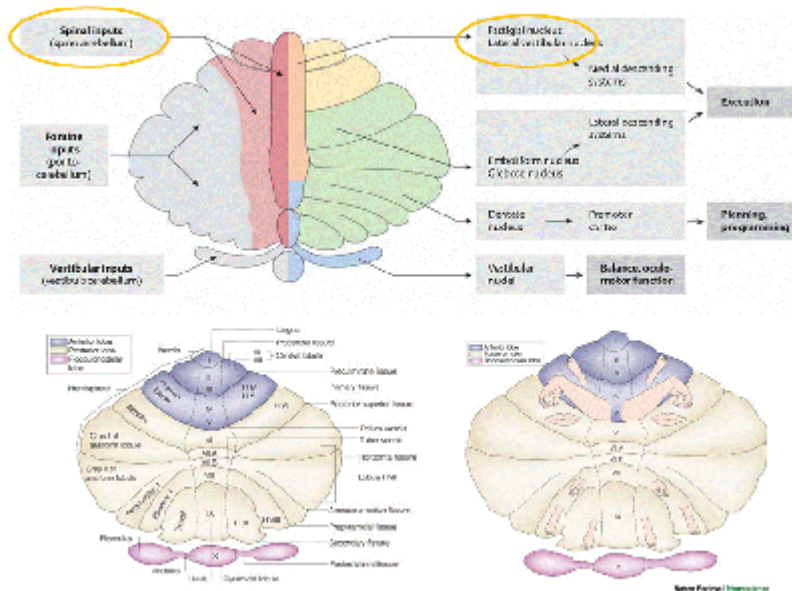


Figura 4.- El espinocerebelo: centro de la vía de la sensibilidad propioceptiva

B. Vía de la sensibilidad propioceptiva de los nervios craneales

Todos los músculos de la cabeza y el cuello, especialmente los masticadores, músculos faciales, del velo paladar, faringe y laringe, músculos de la órbita y del oído medio, son fuente de estímulos propioceptivos que se transmiten al sistema nervioso central por una vía que, en principio consta de una sola neurona y llega al cerebelo. Es importante destacar que la inervación propioceptiva de todos esos músculos (con independencia de la inervación motriz que tengan) la realiza el trigémino.

La neurona aferente se localiza en el núcleo mesencefálico del trigémino (el ganglio del trigémino no tiene neuronas propioceptivas). La prolongación periférica de estas neuronas alcanza a través de las ramas del trigémino, y de las anastomosis superficiales y profundas de éste con otros pares craneales, los músculos de la cabeza. La prolongación periférica llega al cerebelo a través del pedúnculo cerebeloso superior homolateral.

VÍA DE LA SENSIBILIDAD VESTIBULAR

Es la encargada de llevar al sistema nervioso central la información relativa al equilibrio que se origina en los receptores específicos del oído interno, las crestas ampulares y las máculas estáticas. Para algunos autores se trata de una vía aferente subcortical, del tipo de brazo aferente suprasegmentario, que finaliza en el vestibulocerebelo; para otros es una vía sensitiva brazo aferente de un arco totalizador, formada por tres neuronas. En realidad se trata de una vía mixta mezcla de los dos tipos de arcos, en la que el 85% de las fibras de las segundas neuronas llegan a núcleos nerviosos subcorticales y el 15% restante alcanzan el tálamo.

1.- *Primera neurona*: se encuentra situada en el ganglio vestibular o de Scarpa del oído interno. Son neuronas bipolares cuya prolongación periférica termina formando diferentes tipos de sinapsis con las células sensoriales de las máculas estáticas (sagitta y lapillus) y crestas ampulares. La prolongación central llega a los núcleos vestibulares situados en el ala blanca externa o vestibular del suelo del cuarto ventrículo (Figura 5).

2.- *Segunda neurona*: situadas en los núcleos vestibulares superior, inferior, medial y lateral (núcleo de Deiters). En general, las fibras que proceden de las crestas ampulares terminan en los núcleos medial y superior; las fibras originadas de las máculas del utrículo y sáculo terminan principalmente en los núcleos lateral, inferior y medial. Los axones de las neuronas de estos núcleos se dirigen fundamentalmente a la corteza del archicerebelo o vestibulo-cerebelo (fascículo vestibulo-cerebeloso; Figura 4) y a la médula espinal (fascículos vestibulo-espinales medial y lateral). Un porcentaje muy pequeño de fibras tiene sentido retrógrado y a través del nervio vestibular llega a contactar con las células sensoriales de las máculas estáticas y crestas ampulares (fibras vestibulo vestibulares). No obstante, en torno a un 15% de las fibras originadas en los llegan al territorio posterior del tálamo mediante el fascículo vestibulo-talámico (fibras directas y cruzadas). Los fascículos vestibulo-talámicos entran a formar parte del lemnisco lateral (ver más adelante) (Figura 6).

Existen evidencias de que algunas fibras procedentes de las neuronas del ganglio de Scarpa llegan directamente al córtex cerebeloso; a estas fibras se las denomina fascículo vestibulo-cerebeloso directo.

3.- *Tercera neurona*: se localizaría en los territorios talámicos posteriores y sus axones se proyectan sobre zonas no identificadas de la corteza cerebral.

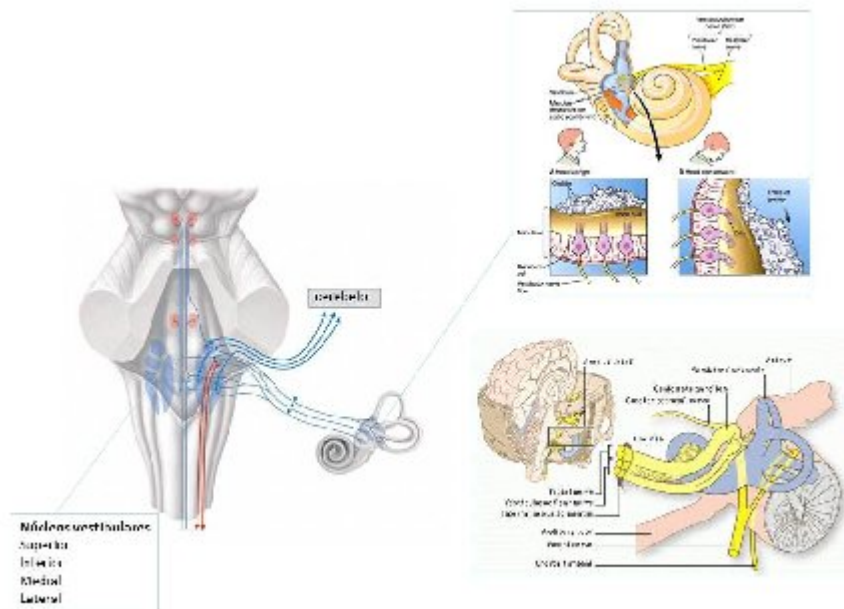


Figura 5.- Receptores, primeras y segundas neuronas de la vía vestibular.

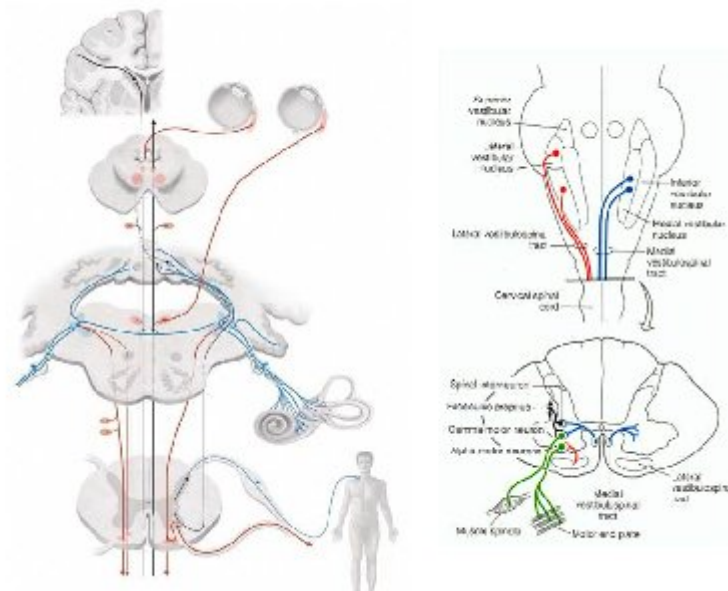


Figura 6.- Principales conexiones de los núcleos vestibulares

Además de las derivaciones al cerebelo y médula espinal, los axones de los núcleos vestibulares tienen conexiones reflejas importantísimas con los núcleos de algunos pares craneales como el núcleo dorsal del vago (vómitos por sobrestimulación del oído

posterior), núcleos de los nervios motores oculares (son la base anatómica del nistagmus). Las fibras vestibulares que alcanzan estos núcleos forman parte del fascículo longitudinal medial.

VIA COCLEAR

Es la vía encargada de llevar al sistema nervioso central los estímulos auditivos. Sus receptores específicos son las células ciliadas del órgano de Corti del oído interno. Se pueden considerar diferentes formas de entender la vía coclear: una clásica de 3 neuronas y otras variantes mucho más complejas.

Los receptores de la vía coclear son las células ciliadas del órgano de Corti que se encuentran en el interior del conducto coclear. Al polo basal de estas células llegan los axones periféricos de las neuronas bipolares del ganglio coclear estableciendo diferentes tipos de sinapsis aferentes (Figura 7. Las células ciliadas del órgano de Corti situadas en la base del conducto coclear recogen los sonidos de frecuencias altas mientras que a nivel del helicotrema lo hacen las de menor frecuencia.

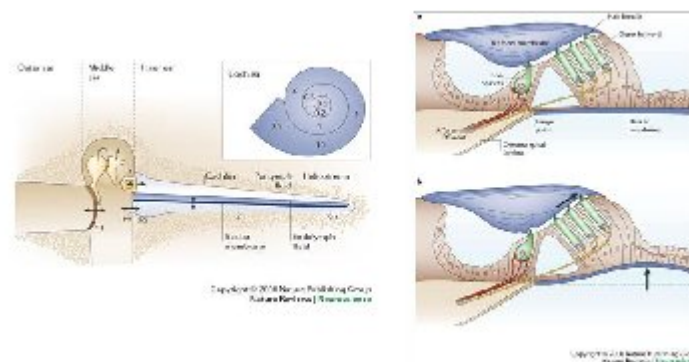


Figura 7- Esquema de la tonotopía en el órgano de Corti y estructura de este órgano.

A. Concepción clásica

Sigue el patrón del brazo aferente del arco totalizador y se la considera formada por tres neuronas.

1.- *Primera neurona*: se encuentra situada en el ganglio coclear o ganglio espiral, localizado en el conducto espiral situado en la base de la lámina de los contornos del caracol. Son neuronas bipolares que por su prolongación periférica sinapta con las células ciliadas del órgano de Corti. La prolongación central forma la porción coclear del nervio estato-acústico y penetra en el tronco del encéfalo por el ángulo pontocerebeloso para alcanzar los núcleos cocleares.

2.- *Segunda neurona*: localizada en los núcleos cocleares ventral y dorsal. Los axones de las neuronas cruzan la línea media en su mayor parte, alcanzando el cuerpo geniculado medial del tálamo a través del fascículo cócleo-talámico.

3.- *Tercera neurona*: situada en el cuerpo geniculado medial sus axones alcanzan el analizador cortical (ver más adelante).

Esta estructura de la vía coclear se ha demostrado que no es real, al menos en la especie humana.

B. Concepción actual

Admite la existencia de dos sistemas: monoaural (monolateral y cruzado; comprende la información que transmite cada oído por separado) y biaural (transmite información de los dos oídos. Se inicia en la oliva pontina o superior, y es bilateral).

Según esta concepción, la vía coclear está estructurada de la siguiente manera:

1.- *Primera neurona*: situada en el ganglio coclear; las neuronas bipolares que lo forman sinaptan como se describió para la vía clásica.

2.- *Segunda neurona*: localizada en los núcleos cocleares ventral y dorsal; en ello se originan axones homo y contralaterales. Las neuronas de los núcleos cocleares envían sus axones medialmente hasta sinaptar en el cuerpo trapezoide y núcleo olivar superior tanto ipsi como contralateral. Las fibras que cruzan la línea media forman las estrías acústicas ventral de Flechsig o cuerpo trapezoide, media de Held y posterior o dorsal de Monanov.

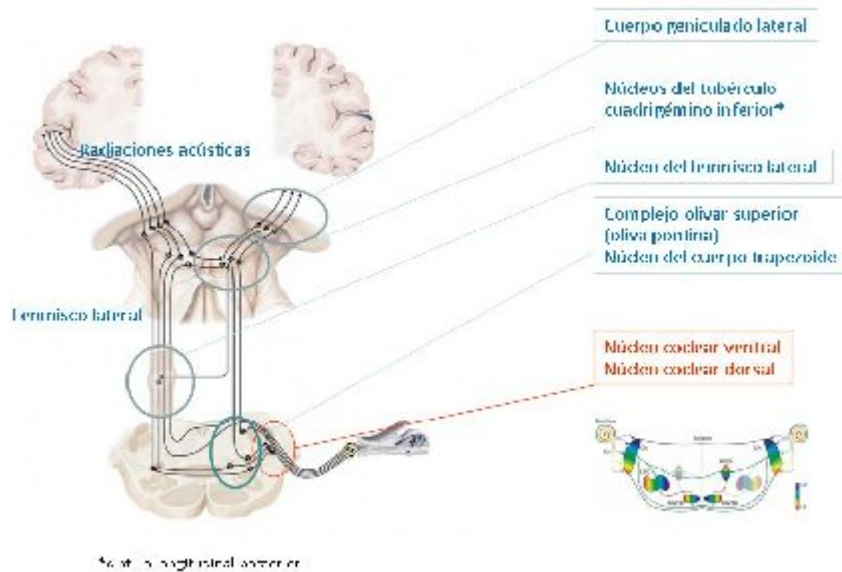


Figura 8.- Situación de las segundas neuronas de la vía (en rojo) y de las otras neuronas subtalámicas de la vía coclear (azul)

3.- *Tercera neurona*: puede estar en cuerpo trapezoide o en el núcleo olivar superior. Los axones de estos núcleos ascienden por el puente y mesencéfalo constituyendo el lemnisco lateral. Algunos de estos axones en su trayecto ascendente sinaptan con pequeños grupos neuronales que se conocen como el núcleo del lemnisco lateral. En el

mesencéfalo, el lemnisco lateral termina en el tubérculo cuadrigémino inferior y en el cuerpo geniculado medial.

4.- *Cuarta neurona*: localizada en los tubérculos cuadrigéminos inferiores del mesencéfalo.

5.- *Quinta neurona*: núcleo geniculado medial del territorio talámico posterior. Los axones que emergen de este núcleo ascienden por la radiación acústica de la cápsula interna hasta sinaptar con la corteza auditiva primaria (área 41) y de ella a las áreas secundarias 22 y 42. El área 41 se localiza en el labio superior de la cisura de Silvio, en la cara superior de la primera circunvolución temporal (primera circunvolución transversa de Heschl). Por otro lado, el área 41 presenta tonotopía y en la parte más posterior de la misma se analizan los sonidos de mayores frecuencias mientras que en la La corteza auditiva secundaria que la circunda se encarga del reconocimiento e interpretación de sonidos en base a experiencias pasadas (Figura 9).

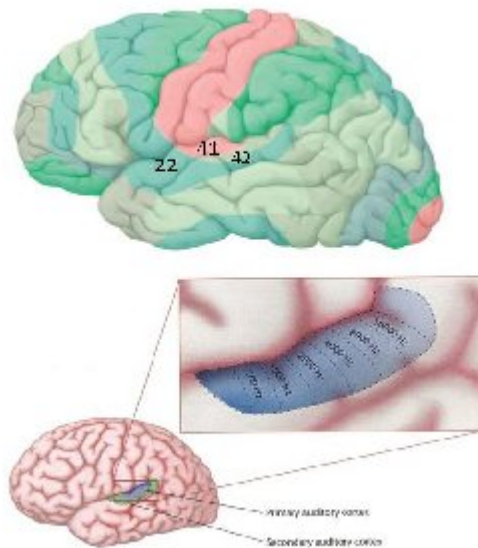


Figura 9.- Áreas corticales auditivas primarias y secundarias.

Lemiscos de la cinta de Reil. Las vías sensitivas, a excepción de la olfativa, pasan todas por el tálamo; y todas ellas, salvo la vía óptica, llegan mediante fascículos ascendentes procedentes de neuronas situadas en la médula espinal o en el tronco del encéfalo. El conjunto de esos fascículos forman el lemnisco de Reil, con dos partes: una externa o lemnisco externo (formado por las fibras pertenecientes a la vía coclear que llegan al cuerpo geniculado lateral más escasas fibras vestibulo-talámicas) y otra interna o lemnisco medial (formado por los fascículos espino-talámico, bulbo-talámico, trigémino-talámicos, gustativo-talámico y solitario-talámico).

C. Derivaciones reflejas de la vía coclear

Algunos de los axones originados en las neuronas de los diferentes niveles de la vía coclear terminan conectando con diferentes núcleos efectores del sistema nervioso, y algunos autores consideran que incluso pueden originarse en la corteza cerebral auditiva. Fibras originadas en estos niveles terminan en el cerebelo, asta anterior de la médula espinal, núcleos parasimpáticos de la médula espinal sacra (segmentos S2-S4),

núcleos motores y parasimpáticos de los pares craneales, formación reticular y órgano de Corti. Las fibras que llegan a este último se originan en la oliva superior y forman en fascículo olivo-coclear de Rasmussen; es posible que estas fibras participen en mecanismos de feedback negativos que modulen la percepción de los estímulos auditivos. También podrían tener un papel en la agudización de sonidos al suprimir algunas señales y potenciar otras.

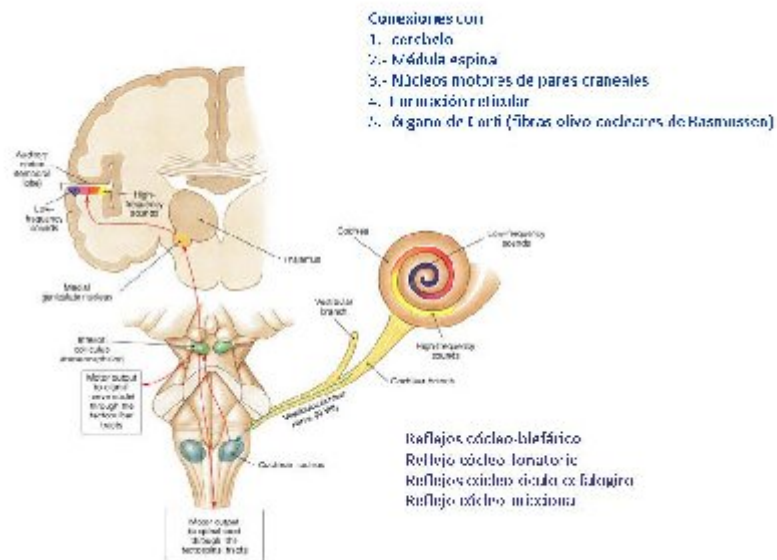


Figura 10.- Conexiones reflejas de la vía coclear

Esas conexiones, además, representan el sustrato morfológico de algunos reflejos de los que los más importantes son el cócleo-blefárico (cerrar los ojos ante un ruido intenso), cócleo-fonatorio (adaptar el tono de voz al ruido ambiental), óculo-céfalogiro (rotar la cabeza y los ojos hacia el lado donde se produce un ruido intenso) y cócleo-miccional (desencadenamiento de la micción por ruidos de fluidos; este reflejo sólo funciona en estados bajos de consciencia, como en el sueño).