

muy abundantes en la papila y espesor del nervio óptico (figura 157, C). Estas células en araña poseen numerosísimas expansiones granulosas que, interponiéndose á los cilindros-ejes, impiden el contacto de éstos.

Limitante interna. — Está constituida exclusivamente por la reunión en membrana continua de los extremos internos de las fibras de Müller (fig. 153, J), y es una cutícula hialina y correctamente contorneada, cuya cara interna es libre, mientras que la externa recibe el cono terminal de las citadas fibras.

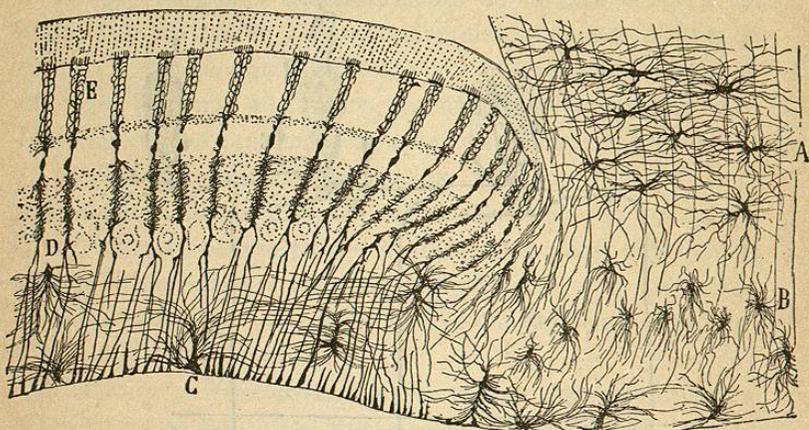


Fig. 157. — Células epiteliales y neuróglicas de la retina y nervio óptico. — A, células del nervio óptico; B, neuroglia de la papila; C, neuroglia de la capa de fibras ópticas; D y E, fibras de Müller.

Marcha de las excitaciones luminosas en la retina. — Después de lo expuesto, nada más fácil que seguir el camino de la impresión recolectada por los bastones y conos. Mas como las conexiones de unos y otros son diversas, y es sumamente probable que cada especie de células visuales sea afectada por una cualidad diversa de la luz (los bastones por la intensidad luminosa incolora, los conos por los colores), conviene investigar separadamente el camino de la impresión recibida por ambas especies de corpúsculos visuales (fig. 158).

Impresión recibida por los bastones. — Es llevada primeramente á la zona plexiforme externa, donde la toman las bipola-

res de penacho ascendente ó de bastón, para conducirla al cuerpo mismo de las células ganglionares gigantes; desde este punto, el movimiento es trasladado á lo largo de los cilindros-ejes de la capa de las fibras ópticas, corre después por los nervios y cintas ópticas, y acaba en los cuerpos geniculados externos y tubérculos cuadrigéminos anteriores, donde se pone en conflicto con los penachos protoplásmicos periféricos de ciertas células nerviosas yacentes en estos órganos.

En el lóbulo óptico de las aves, donde nosotros logramos por primera vez precisar el modo de terminación de las fibras del nervio óptico, éstas se descomponen en magníficas arborizaciones libres, cada una de las que se pone en relación con la expansión protoplásmica de varias células fusiformes. Cosa análoga se observa en el tub. cuadrig. anterior de los mamíferos, donde recientemente hemos acertado á impregnar las fibras ópticas terminales (fig. 158, g).

Impresión recibida por los conos. — Es desde luego conducida al piso profundo de la zona reticular externa, donde la recogen los penachos aplanados de las bipolares de cono; después, según sea la bipolar impresionada, la corriente se dirige á uno de los varios plexos de la zona plexiforme interna, donde la reciben los penachos protoplásmicos de las células ganglionares; finalmente, los cilindros-ejes de éstas se encargan de la conducción ulterior hasta los centros ópticos (fig. 158, b, d).

De la disposición de las vías conductoras retinianas y centrales, se siguen las siguientes importantes consecuencias:

1.^a Las impresiones suscitadas en las células visuales son siempre recogidas por expansiones protoplásmicas, llevadas por cilindros ejes y aplicadas por arborizaciones de fibras nerviosas; es decir, que los corpúsculos retinianos, como los del bulbo olfatorio y los de todos los demás centros donde el sentido de la corriente es manifiesto, poseen un aparato de *absorción de corrientes* (cuerpo celular y expansiones protoplásmicas), y otro de *conducción y emisión de las mismas* (cilindro-eje y su arborización final).

2.^a La conmoción retiniana no se propaga por una sola línea radial de elementos, sino por un grupo de células empalmadas;

de suerte que cuanta más profundidad alcanza el movimiento, mayor número de elementos participan en la conducción. Por ejemplo: la impresión aportada por un cono, es recogida por varias bipolares de penacho aplanado; y como éstas envían por abajo el penacho terminal á pisos distintos de la zona plexiforme interna, resulta que pueden participar en la conducción diversas ganglionares, tantas por lo menos como bipolares. Por último, en los centros ópticos, cada fibra de la cinta óptica toca, por sus extensas arborizaciones libres, á varios corpúsculos ganglionares.

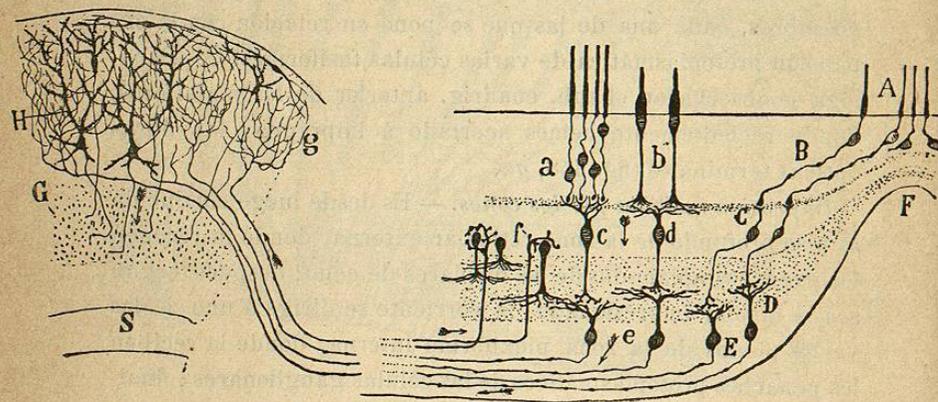


Fig. 158. — Esquema de la marcha probable de las corrientes en la retina y centros ópticos. — A, conos de la fovea central; B, cuerpo de los conos; C, enlace entre los conos y las bipolares de la fovea; D, unión de las bipolares con las células ganglionares; F, fovea; H, células nerviosas del tubérculo cuadrigémino anterior; a, cuerpos de bastón; b, cuerpos de cono de una región ordinaria de la retina; c, bipolar para bastones; d, bipolar para conos; e, células ganglionares; f, arborizaciones, sobre los espongioblastos, de fibras llegadas de los centros ópticos.

3.^a Los centros nerviosos obrarían también sobre la retina á favor de las fibras centrifugas, por las cuales llegaría una corriente destinada á difundirse por los espongioblastos. El objeto de esta influencia es actualmente desconocido.

Foseta central de la retina. — El paraje de esta membrana correspondiente al extremo posterior del eje del globo ocular, presenta un punto adelgazado, producido por una excavación de

1 á 2 milímetros de diámetro, á cuyo nivel la capa ganglionar, la plexiforme interna y una buena parte de la de los granos internos, han desaparecido ó disminuído notablemente de espesor (figura 158, F). En cambio, la zona de los cuerpos de las células visuales alcanza un gran desarrollo, y las fibras descendentes de los conos marchan oblicuamente hacia los bordes de la fovea y en dirección radiada. En la capa de los conos y bastones no existen más que conos, los cuales son aquí mucho más finos que en el resto de la retina (fig. 158, A).

Nuestras observaciones en la retina de las aves y reptiles, donde la *fovea* se halla muy desarrollada, nos permiten afirmar un hecho de cierta importancia, á saber: que el pié terminal de los conos, al llegar á la zona plexiforme externa, no suministra ramillas, sino que forma una especie de grano abrazado inferiormente por un diminuto penacho, continuado con las bipolares de la zona subsiguiente. De este modo, el movimiento recogido por un cono se propagaría sin comunicaciones laterales á una sola bipolar, y ésta lo transmitiría quizás á una sola célula ganglionar también, lo que explicaría la notable acuidad visual de la *fovea centralis*. Por lo demás, los penachos descendentes de las bipolares, las células ganglionares, etc., se disponen substancialmente como en el resto de la retina; solamente que, á consecuencia de la pérdida de substancia que representa la fovea, todos estos elementos están inclinados hacia afuera, y muchos de los enlazados dinámicamente con los conos de la *fovea* se ven obligados á residir en los bordes de ésta, y hasta en zonas más lejanas.

Terminaciones nerviosas olfativas. — La estructura de la región superior de la mucosa nasal, único paraje donde yacen los corpúsculos nerviosos olfativos, es bastante bien conocida desde las ya antiguas y memorables indagaciones de Máximo Schültze.

Dos principales especies celulares, arregladas en una sola capa, constituyen el epitelio nasal: los *corpúsculos epiteliales* ó de sostenimiento; las *células nerviosas* ó bipolares.

Las *células epiteliales* (fig. 159, A) son prismáticas, y ofrecen en sus caras numerosas foveas ó moldes en hueco, para adaptarse á los corpúsculos bipolares, á los que aislan por completo.

Parécense en esto tales células á las fibras de Müller de la retina y su misión no parece ser otra que impedir los contactos de los corpúsculos nerviosos, imposibilitando toda comunicación horizontal de corrientes.

Las células bipolares ó corpúsculos olfativos poseen un cuerpo diminuto, oblongo ó fusiforme, casi exclusivamente formado por el núcleo. De la delgada capa protoplasmática envolvente parten

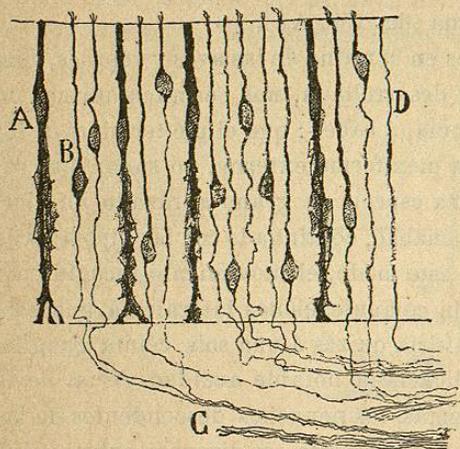


Fig. 159. — Células de la mucosa olfatoria del ratón de ocho días. — A, célula epitelial ó de sostenimiento; B, células bipolares; C, haces nerviosos olfatorios; D, terminación libre de una fibra quizá de naturaleza sensitiva (fibra de Brunn).

dos expansiones: *externa* é *interna* (figura 159, B). La *externa* es gruesa, y acaba en la misma superficie libre del epitelio, mediante algunos apéndices libres, finísimos, no vibrátiles y extendidos casi horizontalmente por la capa de mucina que moja exteriormente el epitelio. La *interna* es finísima,

varicosa, con todas las apariencias de filamento nervioso (circunstancia que

ya hizo notar Schültze), y prolongándose hasta la parte inferior del epitelio, se continúa con una fibrilla del nervio olfatorio (figura 159, C).

Por el dermis de la mucosa corren numerosos haces de fibras olfatorias, separadas por una trama conectiva y abundantes glándulas tubulosas (glándulas de Bowman).

La continuación de la expansión profunda de la célula bipolar con una fibra olfatoria, fué ya sospechada por Schültze. Pero la demostración absoluta del hecho ha exigido la invención de métodos analíticos especiales (método de Ehrlich y el de Golgi), y sólo ha sido llevada á cabo en estos últimos años, gracias á las

investigaciones de Arnstein, Grassi y Castronovo, las nuestras y las de van Gehuchten.

Nuestras observaciones sobre este punto prueban, no sólo la continuación de una fibra de los nervios olfatorios con una célula bipolar de la mucosa, sino también la perfecta unidad é independencia de aquélla durante todo su itinerario hasta el bulbo, donde cesa, á beneficio de una arborización libre. Las redes y ramificaciones que algunos autores habían descrito en el trayecto intra ó extra-epitelial de las fibrillas olfatorias, no han podido ser confirmadas con los nuevos métodos de coloración (1).

Terminaciones nerviosas en el oído interno. — La parte fundamental del caracol membranoso, es el órgano de Corti, punto donde se verifica la impresión de las ondas sonoras, y de cuya estructura, en extremo compleja, no señalaremos aquí más que los datos esenciales.

Sobre la membrana basilar yace una bóveda ó túnel prismático, de curso espiral, construido de dos hileras de pilares que, por su posición respecto del eje del caracol, se distinguen en internos y externos (fig. 160). Dichos pilares son células epiteliales diferenciadas en una materia dura, homogénea y elástica, excepto cerca de sus extremos inferiores, donde conservan todavía el núcleo y un resto del antiguo protoplasma. Insértanse por abajo sobre la membrana basilar, á cierta distancia unos de otros, y reúnen por arriba, ofreciendo el extremo superior de los internos una cavidad donde se aloja la cabeza de los externos. Por fuera de estos últimos, se halla una formación epitelial, cuya altura va disminuyendo sucesivamente conforme se aleja del túnel de Corti. Esta capa epitelial se compone de dos clases de células: 1.^a, las de *Deiters* ó de sostén (D), muy alargadas, provistas de un extremo inferior grueso, implantado en la membrana basilar, y de otro más delgado, dirigido hacia arriba y terminado en la superficie epitelial; y 2.^a, las *ciliadas* ó corpúsculos *acústicos*, distribuidos en tres ó cuatro series alternas con los elementos anteriores, y que se distinguen por ofrecer un cuerpo grueso, corto, terminado hacia arriba por un mechón de pes

(1) *Cajal*: Origen y terminación de las fibras nerviosas olfatorias. *Gaceta sanitaria municipal*. Barcelona, 1890.

tañas y hacia abajo por un cabo redondeado, sostenido por las células de Deiters (C). Por dentro del pilar interno existe otro revestimiento epitelial menos extenso, que consta de : una hilera de *células ciliadas* análogas á las anteriores (G), y varias filas de elementos no pestañosos (*células de sostén*), cuya altura va decreciendo por dentro hasta igualar á la de los corpúsculos aplastados del surco espiral interno (S).

Terminación en el caracol de las fibras del nervio coclear. — El problema de la terminación del nervio coclear ha sido resuelto en estos últimos años por Retzius, cuyos estudios han sido

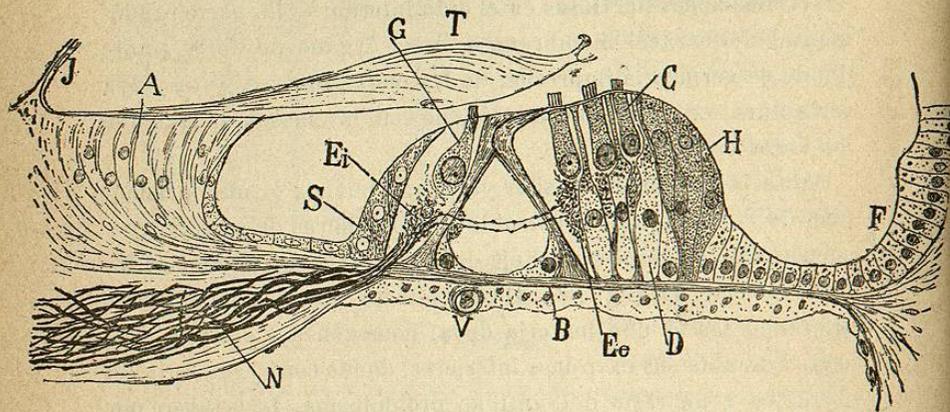


Fig. 160. — Corte del órgano de Corti del hombre (según Retzius). — A, cresta espiral; B, membrana basilar; C, células ciliadas externas; D, células de sostenimiento; Ei, manjeto nervioso espiral interno; Ee, manjeto nervioso espiral externo; F, epitelio del surco espiral externo; H, células de apoyo de Hensen; N, nervio coclear por encima del ganglio; T, membrana tectoria; V, vaso espiral; J, arranque de la membrana de Reissner.

confirmados por van Gehuchten, von Lenhossék y nosotros. Como se ve en la fig. 161, B, el nervio coclear proviene de las células bipolares del ganglio espiral del caracol; las expansiones descendentes de estas células van hacia el bulbo para constituir la raíz coclear del acústico, y terminar en los núcleos acústicos ventral y lateral yacentes al lado externo del cuerpo restiforme; mientras que las expansiones ascendentes ó periféricas penetran por entre las dos hojas de la lámina espiral ósea, llevando una dirección radiada, ganan después la membrana basilar, é ingre-

san, finalmente, en el epitelio del órgano de Corti. Tanto la expansión descendente como la ascendente poseen vaina de mielina, que cesa en la ascendente cerca del paraje de ingreso en la membrana basilar. Como se advierte en la fig. 161, donde hemos representado el órgano de Corti seccionado según el plano de la membrana basilar, no todas las expansiones ascendentes van desde luego al epitelio terminal; algunas, llegadas que son á la

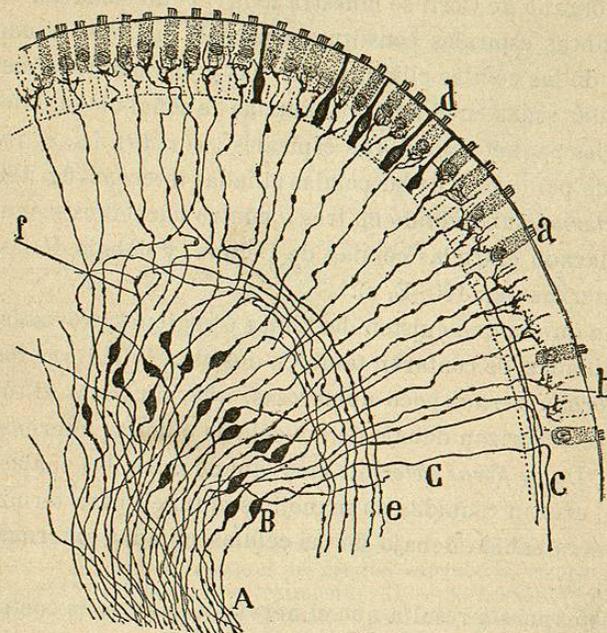


Fig. 161. — Corte de plano de una vuelta de espiral del órgano de Corti del ratón de cinco días. — A, nervio coclear; B, trozo de ganglio espiral; C, fibras que forman debajo del epitelio del órgano de Corti un haz espiral; a, células ciliadas; b, terminaciones nerviosas; d, células de sostenimiento.

porción externa del ganglio espiral, se doblan para acabar sin duda en parajes mucho más altos del caracol; otras se bifurcan al mismo nivel, engendrando ramas generalmente desiguales, que acaso se terminen, después de un curso espiral variable, en zonas distantes del órgano de Corti.

En cuanto á las fibras que marchan directamente al órgano de Corti, las investigaciones de Retzius han demostrado que se com-

portan también de dos maneras : unas, las más, ganan el epitelio y se terminan por debajo de las *células ciliadas*, á favor de un penacho de hilos varicosos, ascendentes, que se ponen en íntimo contacto con el cabo inferior y caras laterales de dichos corpúsculos acústicos ; y otras, menos numerosas, antes de arborizarse de igual modo, siguen un curso espiral variable por entre las células de Deiters (fig. 161, c). En el ratón de pocos días, en que el órgano de Corti se muestra todavía embrionario, estas últimas fibras espirales constituyen un solo paquete, situado por debajo de las células ciliadas externas y encima de la membrana basilar ; mas en el hombre, Retzius ha señalado la existencia de varios paquetes de fibras espirales : *el del túnel, el interno*, colocado por debajo de las células ciliadas internas (fig. 160, E, i) y *el externo*, subdividido en tres ó cuatro hacecillos secundarios y emplazado entre las células de Deiters, y debajo de las ciliadas externas (fig. 160, E, e).

Como quiera que existen dos zonas ó regiones provistas de células ciliadas, se contarán también dos clases de fibras terminales : *fibras internas* poco numerosas, que, sin pasar el túnel de Corti, se arborizan debajo de las células ciliadas internas (figura 162, D) ; y *fibras externas* muy abundantes, las cuales, en el adulto, cruzan reunidas en manojitos el túnel, para terminar de la manera sabida debajo de las células ciliadas externas (figura 162, E).

De lo expuesto resulta que el nervio coclear no es comparable al olfatorio. En la mucosa olfatoria la expansión protoplásmica ó periférica de las células bipolares se pone directamente en relación con el mundo exterior ; mientras que en el órgano de Corti esta misma expansión, nacida también de corpúsculos nerviosos bipolares, se relaciona con una categoría especial de elementos intermediarios, las *células ciliadas*, que son las encargadas de recoger y transformar las ondulaciones sonoras. Bajo este aspecto, el caracol membranoso se parece á la retina, donde se halla también una clase especial de células colectoras, los conos y bastones, destinados á llevar la impresión luminosa á los corpúsculos bipolares yacentes en capa más profunda.

Las prolongaciones internas de las células bipolares del gan-

glio espiral, que forman el nervio coclear, abordan el bulbo raquídeo, donde se bifurcan en rama ascendente y descendente ; éstas, así como sus innumerables colaterales, se ramifican en *ganglio ventral y en el lateral del acústico*. En este punto la excitación acústica es tomada por unos gruesos corpúsculos esfé-

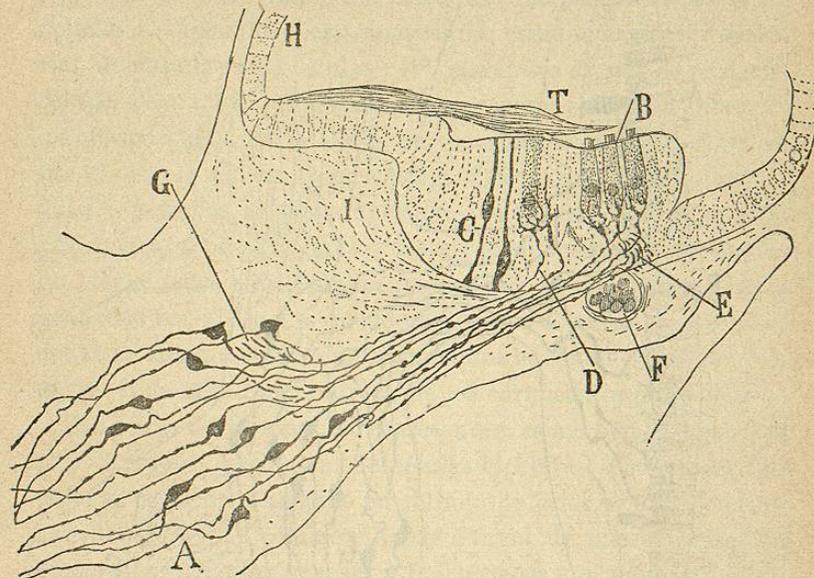


Fig. 162. — Corte del ganglio espiral y órgano de Corti del ratón de cinco días. — A, células bipolares del ganglio espiral ; B, células ciliadas externas ; C, células de sostenimiento ; D, arborización terminal de una fibra nerviosa acústica ; E, manojito nervioso espiral ; F, vaso espiral ; G, fibras que marchan en espiral á ramificarse á regiones distantes del órgano de Corti ; H, membrana de Reissner ; T, membrana tectoria.

roidales ó fusiformes yacentes en dichos focos, y es llevada al túberculo cuadrigémino posterior (Held, Kölliker, Cajal) (1).

(1) Véase, para el estudio de las vías acústicas centrales, Cajal : Apuntes para el estudio del bulbo raquídeo, cerebelo y origen de los nervios craneales, etc. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 1895, y, mejor, la traducción alemana notablemente aumentada de este opúsculo, titulada : *Beitrag zum Studium des Medulla Oblongata*, &c. Traducción de Johannes Bressler. Leipzig, 1896. Consúltese también el 4.º fascículo de la *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*, tomo II, 1901.

Terminaciones del nervio vestibular.—Procede este nervio de un ganglio especial situado en el fondo del conducto auditivo interno, el *ganglio de Scarpa ó vestibular*. Como las células del

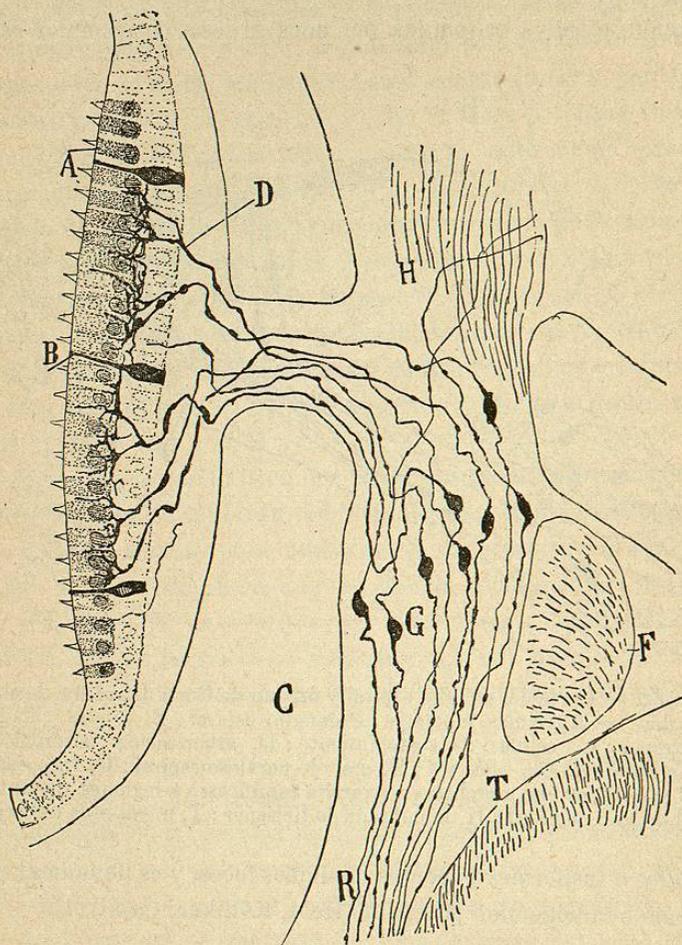


Fig. 163. — Ganglio vestibular y mancha acústica del utrículo del ratón de cuatro días. — A, células ciliadas; B, células de sostenimiento; C, fibra nerviosa terminal; D, corte del nervio facial; F, bulbo raquídeo al nivel de la rama descendente del trigémino; G, cartilago.

coclear, las de este ganglio poseen dos expansiones polares: una *periférica*, que se dirige á las *máculas acústicas* del utrículo y

sáculo y crestas de los conductos semicirculares; otra *central*, que constituye la raíz vestibular del acústico y tiene su terminación en los ganglios de Deiters, Bechterew y núcleo descendente del bulbo.

En la fig. 163 representamos el corte de una *mácula acústica* del ratón de pocos días. Esta mácula es una parte engrosada del epitelio del utrículo, y está construída, como todo epitelio sensorial, de dos clases de células: 1.º, *elementos de sostén*, es decir, células alargadas, que ocupan todo el espesor epitelial y ofrecen: un cuerpo vuelto hacia abajo, portador del núcleo y yacente sobre el dermis mucoso, y un vástago ó expansión superior acabada, sin pestañas ni placa aparente, en la superficie libre (B); 2.º, *elementos ciliados*, más gruesos y granulosos que los anteriores, terminados superficialmente por una gruesa pestaña (A) y acabados por abajo á favor de un extremo redondeado y espeso, donde se alberga el núcleo. Estas células no suelen pasar inferiormente de la mitad de la altura de los corpúsculos de sostén.

Las fibras nerviosas, que representan, como hemos dicho, las prolongaciones periféricas de células bipolares, abordan el epitelio, se bifurcan á menudo en el límite inferior de éste, y terminan debajo de las células ciliadas á favor de una arborización horizontal, de ramas gruesas y fuertemente varicosas (D). Algunos ramitos ascienden también, como ha mostrado Retzius, entre las células epiteliales, llegando hasta cerca de la superficie libre. Cada arborización horizontal se pone en relación de contacto con los cabos inferiores de tres ó más células ciliadas. El conjunto de estas ramificaciones constituye, según han indicado Niernack y Lenhossék, un plexo nervioso horizontal extendido por debajo de los cabos de los elementos ciliados.

Por lo demás, iguales terminaciones nerviosas y la misma estructura exhiben las crestas acústicas de los conductos semicirculares.

Las prolongaciones centrales de las células bipolares del ganglio de Scarpa, engendran el *nervio vestibular* y marchan al bulbo raquídeo á un foco especial llamado *ganglio de Deiters*, en el cual, según han mostrado las investigaciones de Kolliker, de Held y de Cajal, se bifurcan, produciendo una rama ascen-