

ÓRGÃOS DOS SENTIDOS

17

Os órgãos dos sentidos são aqueles relacionados com *visão, audição, equilíbrio, olfação e gustação*. O corpo apresenta receptores especializados para cada um desses sentidos. Esses receptores estão localizados em estruturas específicas; assim, os receptores para visão estão localizados no olho; os da audição e equilíbrio (posição da cabeça e movimentos) estão localizados na orelha; os receptores para cheiro (olfato) estão localizados na cavidade do nariz; e os receptores para gosto estão localizados na boca, e garganta.

O OLHO — VISÃO

O olho é o órgão que possui receptores para visão. Cada olho está situado em uma cavidade do crânio denominada *órbita*, que protege o olho de lesões. Seis músculos esqueléticos (extrínsecos) mantêm o olho no interior da órbita e o movimentam livremente, contribuindo para uma expansão do campo visual. A maioria das partes do olho estão relacionadas com a focalização e ajustamento dos raios luminosos provenientes do meio externo. Somente uma parte, a retina, possui receptores que são sensíveis aos raios luminosos.

Desenvolvimento Embrionário do Olho

Em torno da quarta semana de vida intra-uterina (VIU), expansões laterais de cada lado do diencéfalo já formaram estruturas denominadas **vesículas ópticas**. Com o aumento dessas vesículas, a porção distal de cada uma delas se invagina, formando um **cálice óptico** de paredes duplas (Fig. 17-1). O cálice óptico se tornará a retina do olho. A camada interna (parede) do cálice se espessa para formar a camada de tecido nervoso da retina, que contém células receptoras e elementos neurais. A camada externa se desenvolve na camada pigmentada da retina. A porção proximal de cada vesícula óptica se estreita em um **pedúnculo óptico** (haste óptica) que será incorporado ao nervo óptico.

À medida que o cálice óptico se aproxima da face interna da ectoderme, este se espessa em um **placóide da lente** (placódio do cristalino) situado acima de cada cálice. Enquanto a cavidade de cada cálice óptico se aprofunda, os placóides das lentes se invaginam para formar as **vesículas das lentes**, cada uma circundada por um cálice óptico. Com o desenvolvimento posterior, as vesículas se separam da superfície da ectoderme e formam um corpo arredondado no interior da abertura de cada cálice óptico. A lente (cristalino) de cada olho adulto se desenvolve a partir dessas vesículas. Células ectodérmicas superficiais à vesícula da lente se desenvolvem na **córnea** de cada olho.

Na face inferior de cada cálice óptico e pedúnculo óptico existe um sulco denominado **fissura óptica**. A fissura serve como uma via que direciona as fibras do nervo óptico da camada interna da retina para o encéfalo e proporciona um meio pelo qual os vasos sanguíneos atingem o interior do olho. Na época do nascimento, as fissuras ópticas se fecham, circundando completamente os nervos ópticos e os vasos sanguíneos.

Células mesenquimais frouxas (mesoderma) se acumulam ao redor da face



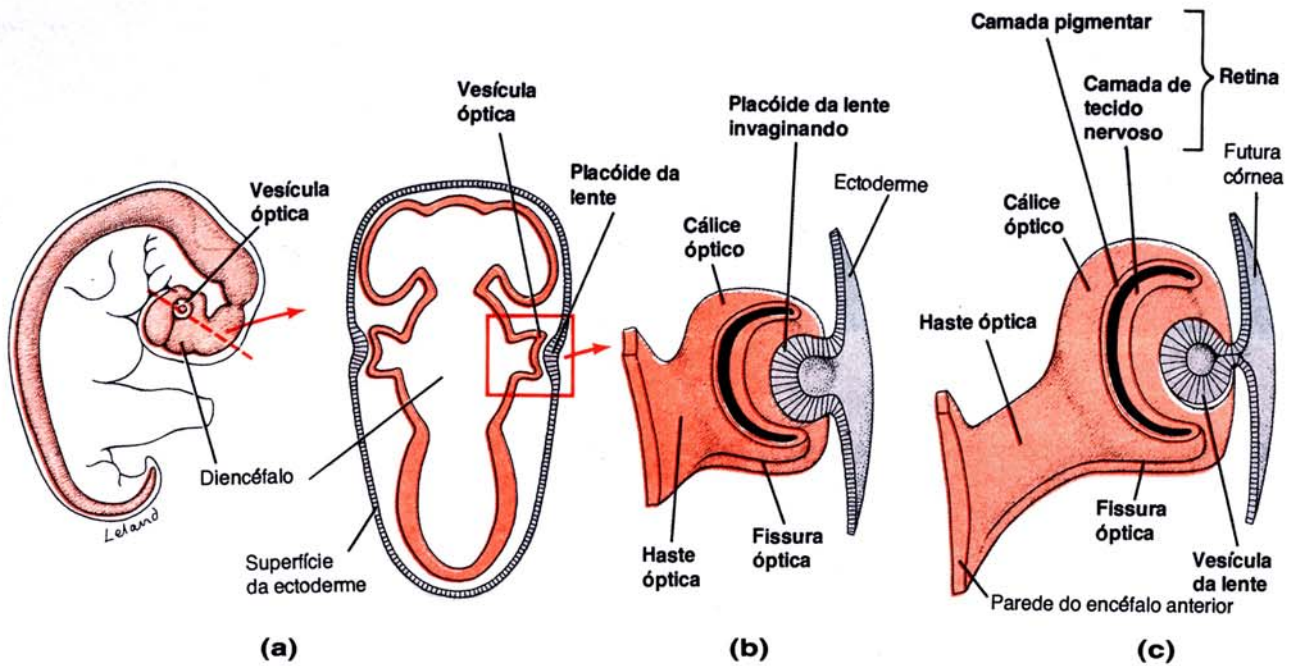


Figura 17-1

Formação embrionária do olho. (a) Secção através do diencéfalo e vesícula óptica. (As linhas tracejadas indicam o plano de secção.) A vesícula óptica cresce para fora do diencéfalo e se conecta à superfície da ectoderme. Este então se espessa e forma o placóide da lente. (b) O placóide da lente se invagina, formando uma vesícula oca. A vesícula óptica envolve a vesícula da lente, formando um cálce óptico. (c) Secção sagital do cálce óptico e da vesícula óptica.

externa de cada cálce óptico, e se diferenciam em duas camadas de tecido conjuntivo do olho: a túnica fibrosa e a túnica vascular.

Estrutura do Olho

O olho é essencialmente uma estrutura esférica composta de três túnicas básicas, ou camadas: a *túnica fibrosa*, a *túnica vascular* e a *túnica interna* (sensorial) ou *retina* (Fig. 17-2).

Túnica Fibrosa

A camada externa do olho é denominada **túnica fibrosa**. Os 5/6 posteriores da túnica fibrosa, a **esclera**, apresenta-se branco e opaco. A esclera, composta por tecido conjuntivo denso, participa da proteção das estruturas internas do olho e auxilia na manutenção do formato do olho. O 1/6 anterior da túnica fibrosa é transparente e é denominado **córnea**, que é composta principalmente por tecido conjuntivo denso, com uma camada externa de epitélio estratificado pavimentoso. Ela apresenta uma curvatura maior que a da esclera, o que a torna projetada anteriormente. Quando a luz penetra no olho, ela atravessa a córnea.

Túnica Vascular

Abaixo da túnica fibrosa, está uma camada denominada **túnica vascular**, que é bem suprida por vasos sanguíneos. A túnica vascular está composta por três partes: *coróide*, *corpo ciliar* e *íris*.

A coróide, que forra a maior parte da face interna da esclera, é bastante pigmentada e apresenta uma grande quantidade de vasos sanguíneos. Ao redor da margem da córnea a coróide forma o **corpo ciliar**, que apresenta musculatura lisa denominada **músculo ciliar**. Três grupos de fibras musculares são identificadas no músculo ciliar, de acordo com a orientação dessas fibras: meridionais (longitudinais), radiais e circulares.

A porção anterior da túnica vascular é a **íris** que é, em linhas gerais, uma continuação da coróide. É um diafragma muscular delgado cuja pigmentação é responsável pela coloração dos olhos. No centro da íris se encontra uma abertura circular, a **pupila**, através da qual a luz passa em direção às estruturas no interior do olho. A contração da musculatura circular da íris diminui o diâmetro da pupila e a contração da musculatura radial aumenta esse diâmetro. A cons-

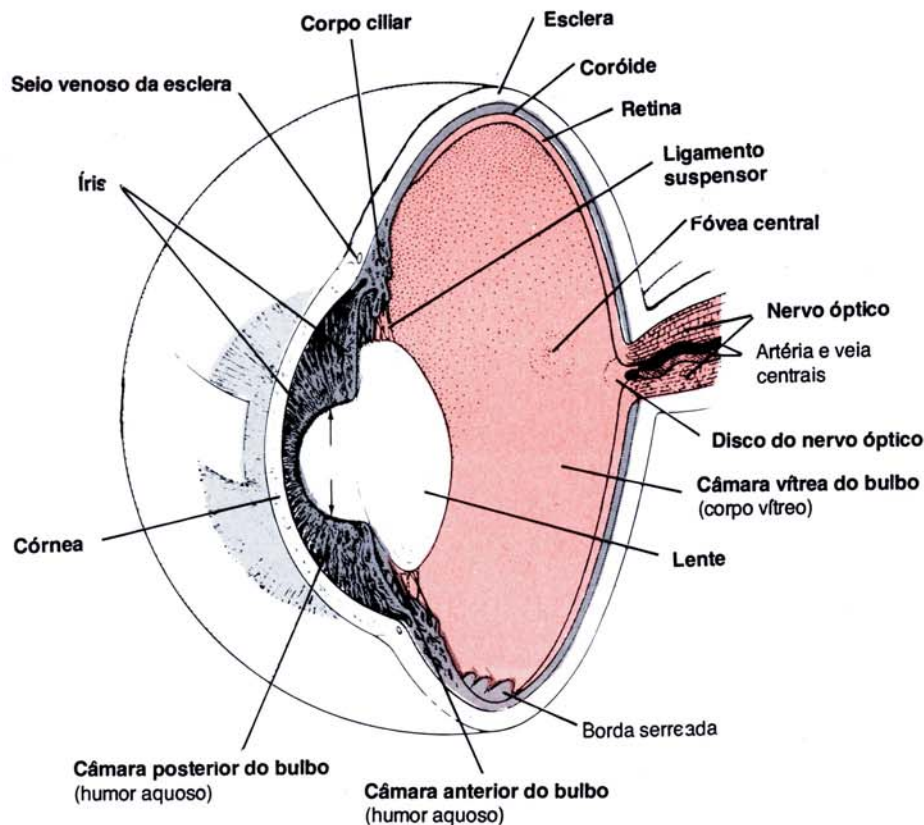


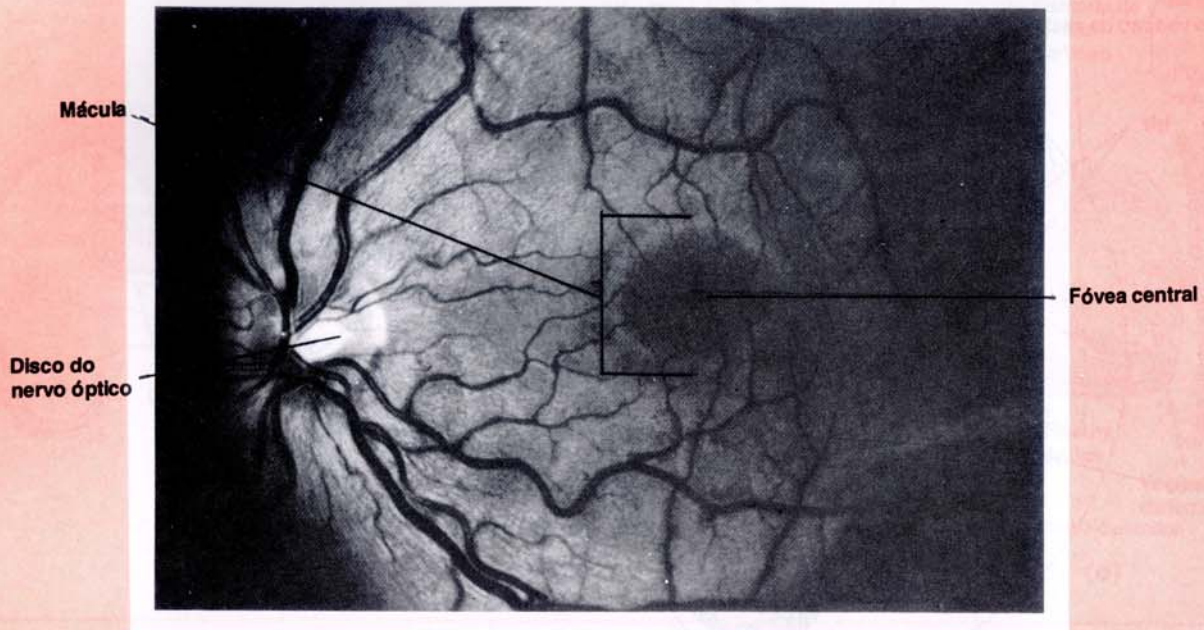
Figura 17-2
Estruturas do olho.

tricção da pupila e a sua dilatação ocorrem principalmente como respostas reflexas e auxiliam na regulação da quantidade de luz que penetra no olho.

Túnica Sensorial (Retina)

A camada interna do olho, ou a túnica interna, ou **retina** (ver Quadro 17-1), consiste de uma **parte pigmentada** externa, e de uma **parte nervosa**, **Quadro 17-1** interna. A camada externa pigmentada está composta por uma simples camada de células cuboidais bastante pigmentadas, que estão em contato e são levemente aderentes à coróide. Tanto a camada pigmentada da retina quanto a coróide apresentam um pigmento marrom-escuro denominado *melanina*. A pigmentação escura dessas estruturas reduz a reflexão da luz que penetra no olho. A camada de tecido nervoso parece terminar anteriormente, próximo ao corpo ciliar, em uma margem denteada denominada **borda serrada** (“*ora serrata*”). Todavia, ela se continua para a frente como uma camada pigmentada delgada sobre a face interna do corpo ciliar e da íris. A camada de tecido nervoso está aderida à camada pigmentada somente ao redor do nervo óptico e da borda serrada. Por causa dessa conexão frouxa, torna-se possível o descolamento das camadas de tecido nervoso em relação à camada pigmentada. Essa separação pode ser corrigida cirurgicamente, ou seja, as camadas podem ser juncionadas através do raio laser.

As camadas de tecido nervoso da retina possuem os verdadeiros receptores para a luz – os fotorreceptores denominados **cones** e **bastonetes** – bem como uma numerosa quantidade de conexões nervosas. Após várias sinapses na retina, as fibras nervosas conduzindo informação visual convergem e saem do olho através de sua extremidade posterior, medialmente ao pólo posterior do olho, como **nervo óptico**. No local de saída, os fotorreceptores não estão presentes, e esta área é denominada **disco do nervo óptico**, ou ponto cego do olho. A **artéria e veia centrais da retina** que suprem a retina, entram e saem do



Quadro 17-1

Estrutura Interna do Olho

Esta foto, obtida por uma câmara fundoscópica mostra as fibras nervosas da retina de um olho esquerdo normal.

A mancha escura à direita é a mácula, a região amarelada que contém a fóvea central, o ponto de maior acuidade visual. O disco do nervo óptico, à esquerda da mácula, não apresenta células fotorreceptoras, em toda a sua extensão. Neste ponto, as fibras

nervosas (que aparecem como áreas estriadas cinzas abaixo dos vasos) convergem e saem próximas do pólo posterior do olho para formarem o nervo óptico. Neste local, há um ponto cego no olho, devido à falta de células receptoras.

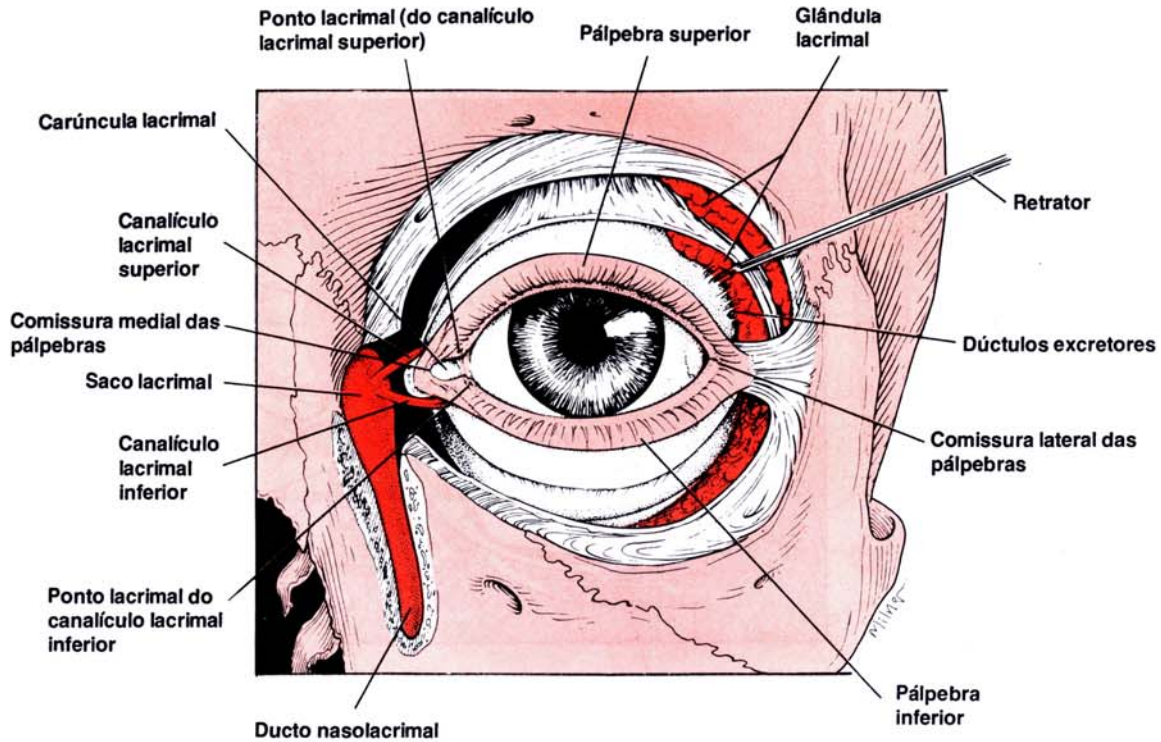
olho através do disco do nervo óptico. Esses vasos podem ser examinados com o auxílio de um oftalmoscópio, proporcionando uma valiosa informação referente ao estado de saúde de um indivíduo. Lateralmente ao disco do nervo óptico, está uma região levemente amarelada conhecida como **mácula**. A mácula está localizada quase que exatamente no pólo posterior do olho. No centro da mácula existe uma depressão denominada **fóvea central**, que é a porção mais sensível da retina (ponto de maior acuidade visual); não possui bastonetes, mas apresenta uma grande quantidade de cones, densamente acumulados. Quando se olha diretamente para um objeto, a imagem do objeto com minúcias é focada na fóvea.

Lente

Posteriormente à pupila está uma estrutura transparente, a lente, que é mantida em posição por ligamentos fibrosos, o **ligamento suspensor**, que está fixado ao corpo ciliar. A lente é uma estrutura biconvexa, e relativamente elástica. Por mudanças no seu formato, a lente focaliza na retina a luz que penetra no olho. A lente não apresenta suprimento sanguíneo, e recebe sua nutrição de substâncias do interior do olho denominadas humor aquoso e humor vítreo. A lente está composta por células alongadas denominadas *fibras da lente* e está envolta por uma cápsula que se apresenta elástica e altamente refratária.

Cavidades e Humores

A lente separa o interior do olho em duas cavidades. Anteriormente, a **cavidade anterior** e posterior a ela, a **cavidade posterior**. A cavidade

**Figura 17-3**

Órgãos acessórios do olho (vista anterior). Parte das pálpebras foi removida para se expor as estruturas profundas, e a glândula lacrimal foi retraída para mostrar os ductulos excretores.

anterior pode ser subdividida em duas câmaras: a **câmara anterior do bulbo**, localizada anteriormente à íris e posteriormente à córnea; e a **câmara posterior do bulbo**, localizada posteriormente à íris e anteriormente à lente e ao ligamento suspensor. A cavidade anterior possui um líquido transparente denominado **humor aquoso**, e a cavidade posterior apresenta uma substância transparente, gelatinosa, conhecida como **humor vítreo**. O humor aquoso é produzido por pregas epiteliais denominadas *processos ciliares*, que se projetam do corpo ciliar. Após passar para a câmara anterior do bulbo através da pupila, o humor aquoso é drenado para um seio venoso conhecido como **seio venoso da esclera**, e desta forma atinge a corrente circulatória. Esse seio está localizado próximo à junção da córnea com a esclera (junção corneoescleral). A produção e a reabsorção do humor aquoso se faz de maneira que uma pressão relativamente constante seja mantida no interior do olho.

Órgãos Acessórios do Olho

Algumas estruturas associadas ao olho contribuem de várias maneiras para o seu funcionamento. Essas estruturas incluem as *pálpebras*, a *conjuntiva*, o *aparelho lacrimal* e os *músculos do bulbo* (músculos extrínsecos do olho).

Pálpebras

Estruturas recobertas por pele, denominadas **pálpebras** superior e inferior podem ser puxadas para a face anterior do olho, para proteger a porção exposta do olho (Fig. 17-3). Quando unidas (fechadas) elas podem evitar que cerca de 99% da luz que incide sobre o olho possa penetrar no seu interior. Os movimentos das pálpebras são controlados por músculos esqueléticos. Fibras do músculo **orbicular do olho** são encontradas em ambas as pálpebras, e servem para aproximá-las. O músculo **levantador da pálpebra superior** está inserido no tarso superior e atua na sua elevação (Fig. 17-4). Muita da atividade desses músculos ocorre como um resultado de reflexos que produzem uma resposta de piscar do olho. Essa resposta ocorre espontaneamente cerca de 25 vezes por minuto quando o indivíduo está acordado e é particularmente evidente quando um objeto estranho toma contato com a superfície do olho ou com os **cílios** projetados das bordas das pálpebras. No interior de cada pálpebra existe uma estrutura de tecido conjuntivo denso denominada **tarso**, que é importante na

F 17-3

F 17-4

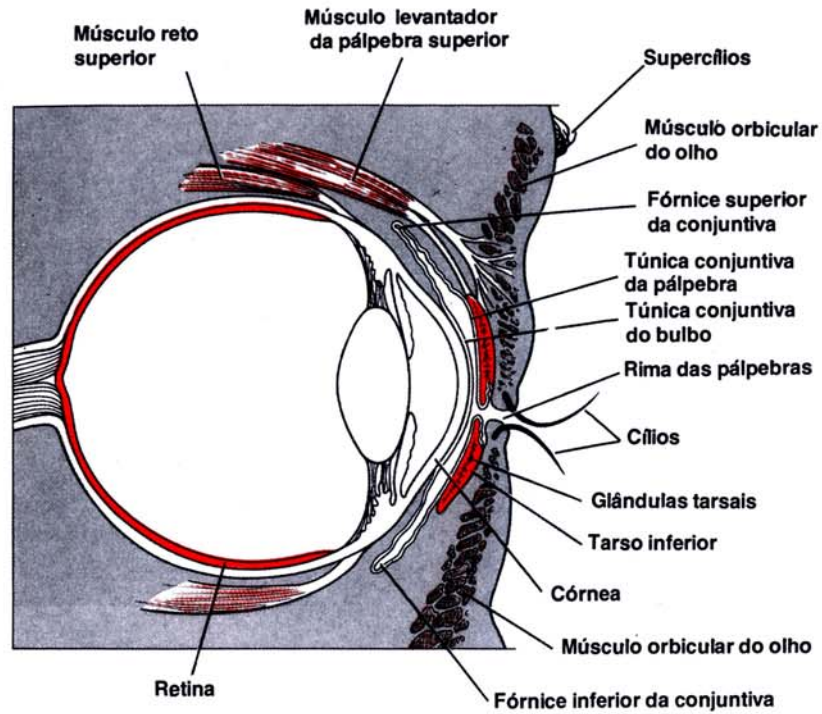


Figura 17-4
Órgãos acessórios do olho
(corte sagital).

manutenção da forma das pálpebras. Glândulas sebáceas denominadas **glândulas tarsais** estão localizadas próximo à superfície interna das pálpebras e estão mergulhadas nos tarsos. Os ductos dessas glândulas se abrem nas bordas das pálpebras, e sua secreção nessas margens ajudam a prevenir o extravasamento das lágrimas entre as pálpebras. Uma infecção das glândulas tarsais pode produzir um **cisto** na pálpebra. As pálpebras também apresentam glândulas sudoríparas modificadas denominadas **glândulas ciliares** e glândulas sebáceas localizadas nas bases dos folículos pilosos dos cílios. Ocasionalmente, as glândulas sebáceas podem sofrer uma infecção, produzindo desta forma um *terçol*. Entre a pálpebra superior e a pálpebra inferior de cada olho há uma fenda através da qual o olho é exposto – a **rima das pálpebras**. O ângulo formado pela união lateral das pálpebras superior e inferior é denominado **comissura lateral das pálpebras**; o ângulo formado pela união medial, **comissura medial das pálpebras** (Fig. 17-3). Uma pequena elevação avermelhada no canto medial de cada olho, a **carúncula lacrimal**, apresenta poucas glândulas sebáceas.

F 17-3

Túnica Conjuntiva

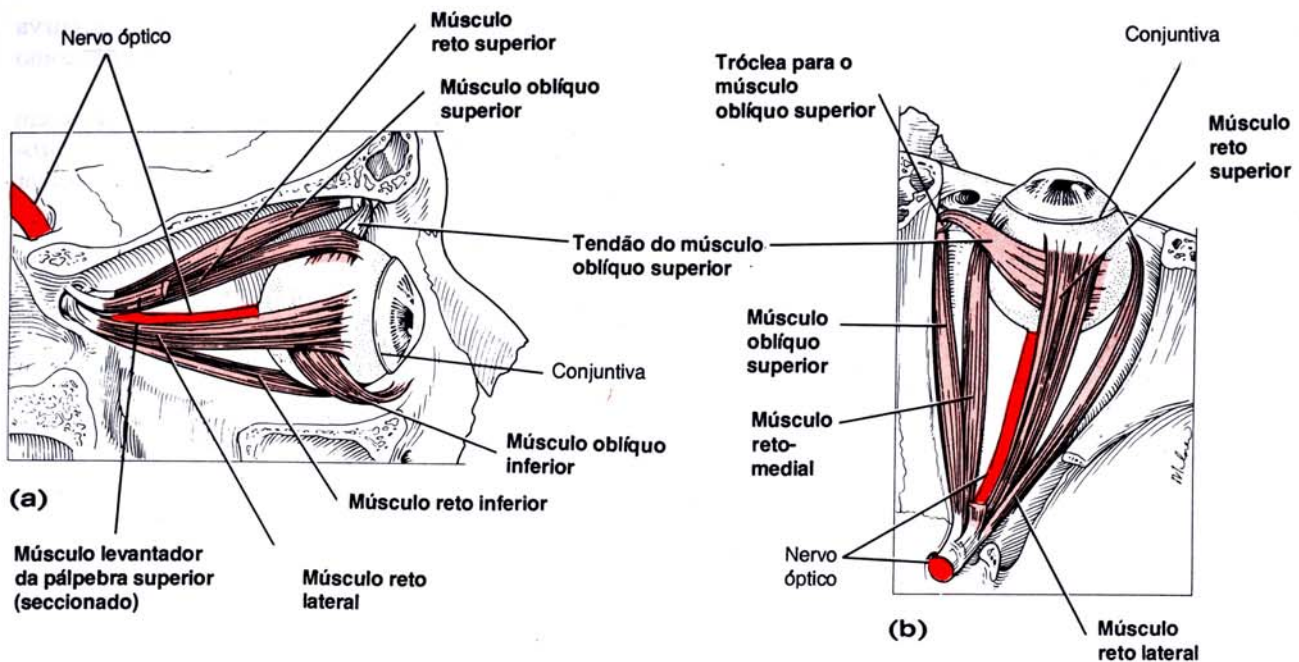
A face interna de cada pálpebra e a face anterior do olho estão cobertas por uma delgada camada protetora de epitélio que forma uma membrana denominada **conjuntiva**. A porção da conjuntiva associada com a face interna das pálpebras é denominada **túnica conjuntiva da pálpebra**, e a porção associada à superfície do olho é denominada **túnica conjuntiva do bulbo** (Fig. 17-4). A conjuntiva palpebral da pálpebra superior se reflete na margem superior da pálpebra e recobre a superfície do olho como conjuntiva bulbar. O ângulo formado pelas porções palpebral e bulbar da conjuntiva ao nível da reflexão é denominado **fórnice superior da conjuntiva**. Da mesma forma, a conjuntiva da pálpebra inferior se reflete em sua margem inferior para revestir a face anterior do olho, em um **fórnice inferior da conjuntiva** localizado ao nível da reflexão. Uma inflamação da conjuntiva é denominada **conjuntivite**.

F 17-4

Aparelho Lacrimal

Na região superior e lateral da órbita, existe uma glândula denominada **glândula lacrimal** (Fig. 17-3). Cerca de 6 a 12 ductos excretores se originam

F 17-3



da glândula lacrimal e lançam sua secreção sobre a superfície da conjuntiva, próximo à porção lateral do fórnice superior da conjuntiva. A glândula lacrimal produz uma secreção aquosa (**lágrima**) que continuamente banha a superfície do olho. Lágrimas – que apresentam em sua composição sais, mucina e uma enzima bactericida denominada lisozima – circula sobre a conjuntiva bulbar desde a sua região de secreção até o ângulo medial do olho. A maior parte da lágrima evapora, mas o excesso de líquido pode ser drenado para a cavidade do nariz ou extravasar pela rima das pálpebras. Na extremidade medial de cada pálpebra existe uma pequena projeção denominada **papila lacrimal**, que apresenta uma abertura, o **ponto lacrimal**, que representa a desembocadura de um **canalículo lacrimal**. O canalículo lacrimal das pálpebras superior e inferior convergem medialmente e se conectam com um **saco lacrimal**. A porção inferior deste se abre em um **ducto nasolacrimal**, que por sua vez se abre na cavidade nasal abaixo da concha nasal inferior. Normalmente, a quantidade de lágrima produzida é menos que 1 ml por dia, mas sua secreção aumenta em determinados estados emocionais (como o choro) e quando objetos estranhos ou substâncias irritantes atingem o olho. Eis o porquê de se tornar necessário assoar o nariz quando se chora.

Músculos Extrínsecos do Olho (*músculos do bulbo*)

Seis músculos esqueléticos em forma de fita que se originam no fundo da órbita e se inserem no tecido conjuntivo do bulbo do olho são os responsáveis pelos movimentos do olho (Fig. 17-5). Originando-se no fundo da órbita e se inserindo na face lateral do olho está o músculo **reto lateral**, cuja contração traciona o olho principalmente para a lateral. O músculo **reto medial**, que se origina no fundo da órbita e se insere na face medial do olho, traciona o olho principalmente para medial. Originando-se no fundo da órbita e se inserindo na face superior do olho aparece o músculo **reto superior**, que é o responsável pelo movimento do olho principalmente para cima e medialmente. Originando-se do fundo da órbita e se inserindo na face inferior do olho existe o músculo **reto inferior**, que movimenta o olho principalmente para baixo e medialmente. O músculo **oblíquo inferior** se origina da face medial da porção anterior da órbita e se insere na face inferior do olho; ele promove a rotação do olho para cima e lateralmente. O músculo **oblíquo superior** se origina na porção posterior da órbita junto com os músculos retos e corre pela face medial da órbita.

Figura 17.5

Músculos do bulbo (extrínsecos do olho) (a) em vista lateral e (b) em vista superior.

Anteriormente, seu tendão atravessa uma pequena polia, a **tróclea**, e se curva para se inserir na face superior do olho. O músculo oblíquo superior tem como ação principal a rotação do olho para baixo e lateralmente.

Os músculos extrínsecos do olho são os músculos estriados que possuem ação mais rápida e estão entre os músculos do corpo mais precisamente controlados. Eles recebem impulsos dos nervos cranianos: oculomotor (III), troclear (IV) e abducente (VI).

Meios de Refração do Olho

Os raios luminosos correm em linha reta através de um meio uniforme de uma dada densidade óptica (por exemplo, o ar) movendo-se em uma velocidade uniforme. Se esses raios encontram um segundo meio com uma densidade óptica diferente (por exemplo, o vidro), a sua velocidade pode ser alterada e os raios luminosos desviados (**refratados**). Se os raios luminosos atingem a superfície do segundo meio em uma angulação que não é perpendicular à superfície do meio, eles são desviados, ou refratados. Quanto maior o desvio da perpendicular pelo qual os raios luminosos atingem o segundo meio, maior o desvio da luz. Substâncias que desviam a luz são denominadas **meios refringentes** (de refração). Para atingir os cones e bastonetes da retina, a luz deve passar através de quatro meios de refração: a *córnea*, o *humor aquoso*, a *lente* e o *humor vítreo*.

Focalização da Imagem na Retina

Quatro processos estão envolvidos na focalização de imagens sobre a retina: (a) refração dos raios luminosos; (b) acomodação da lente; (c) constrição da pupila; e (d) convergência dos olhos.

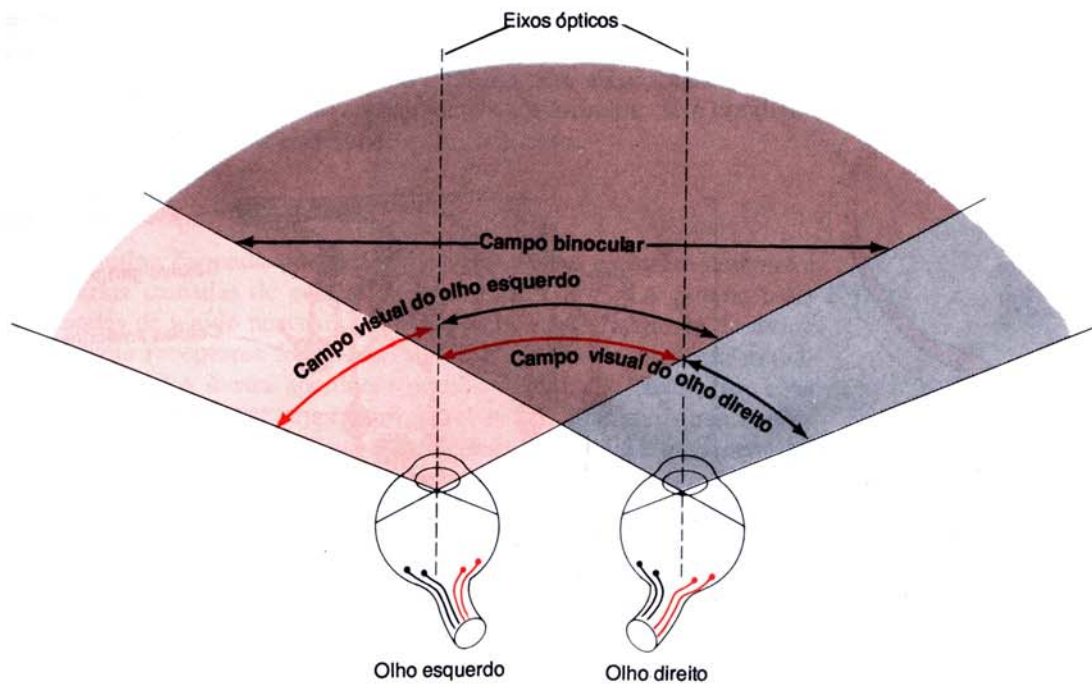
Refração

Os raios luminosos são continuamente desviados quando atravessam de um meio de refração para outro – se cada meio possui uma densidade óptica diferente. Desta forma, a luz que atinge a retina é refratada (1) na passagem do ar para a córnea; (2) quando deixa a face posterior da córnea e penetra no humor aquoso; (3) quando penetra na lente; e (4) quando deixa a lente e penetra no humor vítreo. O local onde ocorre a maior refração dos raios luminosos é na córnea.

Acomodação

Normalmente, o líquido no interior do olho exerce uma pressão (*pressão intra-ocular*) que tende a forçar as paredes do olho. A lente está ancorada às paredes do olho por processos do corpo ciliar que prendem o ligamento suspensor da lente. Assim, a lente elástica está normalmente sob tensão e apresenta-se relativamente aplanada, com uma curvatura menos pronunciada do que ela pode assumir em outras situações. Nessa condição, o olho normal (*emétopico* ou *emetrópico*) focaliza raios luminosos paralelos de pontos distantes exatamente sobre a retina (raios luminosos de pontos distantes mais de cerca de 6 metros são considerados paralelos). Os raios luminosos mais divergentes que penetram no olho de pontos mais próximos são focalizados posteriormente à retina.

Ajustamentos do sistema de focalização do olho devem ser feitos se objetos mais próximos que 6 m devem ser focalizados nitidamente na retina. Esse processo de ajustamento, denominado *acomodação*, é desempenhado pelo músculo ciliar do corpo ciliar. A contração desse músculo traciona levemente o corpo ciliar para frente e para dentro, diminuindo o diâmetro do corpo ciliar – uma ação parecida à de um músculo esfíncter. Isto diminui a tensão do ligamento suspensor, permitindo desta forma que a lente assuma uma curvatura mais pronunciada, determinando que os raios luminosos mais divergentes, que provêm de pontos localizados a menos de 6 m, sejam mais desviados e desta forma focados na retina. (Em tais condições, os raios luminosos de pontos distantes são focados anteriormente à retina.)

**Figura 17-6**

Campos visuais do olho. As setas coloridas indicam as porções esquerdas do campo visual de cada olho; as setas negras indicam as porções direitas. A visão binocular ocorre onde esses campos visuais se sobrepõem; raios luminosos de objetos localizados na porção esquerda de cada campo visual atingem os neurônios da retina mostrados em vermelho; aqueles provenientes de objetos na porção direita de cada campo visual atingem os neurônios mostrados em negro.

Constricção

A acomodação também envolve a constricção da pupila. Essa constricção é benéfica porque elimina a maior parte dos raios luminosos divergentes, que poderiam atravessar pela porção periférica da lente. Até uma boa lente pode não ser perfeita, e os raios luminosos que atravessam a porção periférica da lente podem não ser focalizados no mesmo exato ponto onde são focalizados aqueles raios que passam pelas regiões mais centrais da lente. Assim, a constricção da pupila contribui na formação de uma imagem nítida na retina (e também reduz a quantidade de luz que penetra no olho).

Convergência

Outro evento associado com a acomodação é a convergência dos olhos. Quando se observa objetos próximos, os olhos sofrem uma rotação interna de maneira que a imagem incide sobre a fóvea, a parte mais sensível da retina. De fato, os olhos convergem quando se observa estruturas bem próximas, como o ápice do nariz.

Visão Binocular

Os olhos observam porções do mundo externo que se sobrepõem consideravelmente. Isto significa que o campo visual do olho esquerdo é totalmente similar ao do olho direito, mas não se sobrepõem totalmente (Fig. 17-6). Ambos os olhos não formam, portanto, imagens visuais idênticas, por ocuparem locais diferentes. Assim, os seres humanos possuem aquilo que é conhecido como **visão binocular**, que é fundamental para uma percepção acurada de profundidade. Somente com um olho, a profundidade depende de um alto grau de aprendizado, pelo fato de que os tamanhos relativos dos objetos diminuem com a distância.

Raios luminosos que são provenientes de um objeto do meio ambiente, atingem a retina de ambos os olhos. Normalmente, o indivíduo percebe somente um objeto e não dois, porque as retinas possuem pontos correspondentes que, quando estimulados, resultam na percepção de uma única imagem. Em condições como o *estrabismo*, na qual os músculos extrínsecos de um olho podem estar tão fracos que o olho não coordena seus movimentos com os do olho do

F 17-6

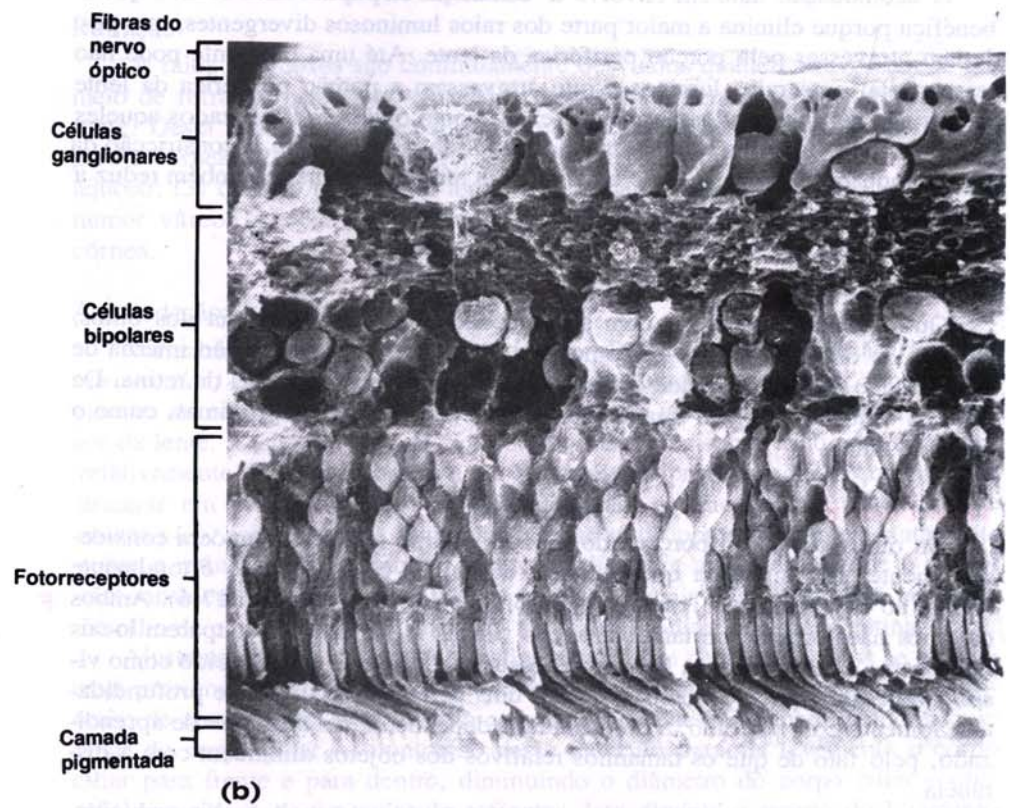
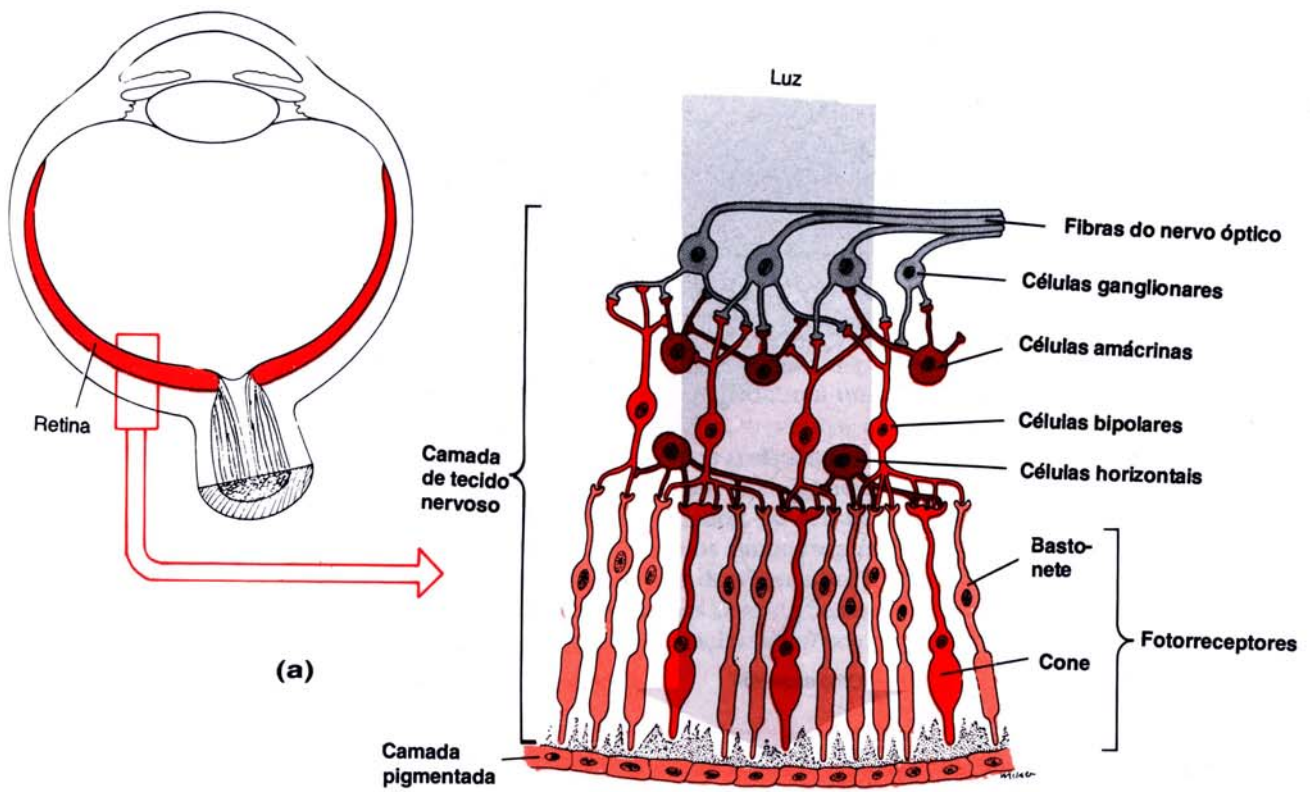


Figura 17-7
Estrutura da retina. (a) Esquemática. (b) Micrografia eletrônica de varredura (x 1.500). (De *Tissues and Organs: A Tex-Atlas of Scanning Electron Microscopy* by Richard G.

Kessel and Randy H. Kardon. W.H. Freeman and Company. Copyright © 1979).

lado oposto, os raios luminosos de um objeto não atingem os pontos correspondentes em ambas as retinas. Como resultado, pode-se observar dois objetos – uma condição referida como visão dupla, ou *diplopia*. Em alguns casos de dupla visão, a imagem aberrante pode eventualmente ser suprimida; se a condição não é corrigida, o olho pode se tornar funcionalmente cego.

Fotorreceptores da Retina

A porção da retina formada por tecido nervoso é uma estrutura complexa composta por várias camadas de células nervosas (Fig. 17-7). A porção mais externa das camadas de tecido nervoso (próxima à camada pigmentada da retina e da coróide) contém receptores fotossensíveis – os **cones** e os **bastonetes** (assim denominados devidos à sua aparência microscópica). Os bastonetes e os cones apresentam fotopigmentos cujas configurações são alteradas quando eles são atingidos pela luz absorvida. Essas alterações determinam mudanças na polaridade das membranas dos fotorreceptores, que resultam na transmissão dos sinais neurais da retina para o encéfalo, onde eles são interpretados como visão. Deve-se notar que a luz tem que atravessar todas as camadas de tecido nervoso da retina para atingir os fotorreceptores, que estão localizados na camada mais profunda. F 17-7

Existem quatro tipos de fotopigmentos, cada qual consistindo de uma proteína denominada *opsina* à qual se associa uma molécula cromófora (derivada da vitamina A) denominada *retineno* (também conhecida como retinal). As opsinas diferem de pigmento para pigmento e conferem as propriedades fotossensitivas específicas de cada pigmento. Quando a luz de um determinado comprimento de onda atinge um fotopigmento, o retineno se separa da opsina. Após a quebra do pigmento induzida pela luz, o retineno alterado é rearranjado e reintegrado à opsina para reconstruir o fotopigmento.

Bastonetes

O fotopigmento contido nos bastonetes é denominado *rodopsina*. Uma vez que a rodopsina é bastante sensível à luz, os bastonetes podem responder a níveis de iluminação muito baixos, tais como aqueles presentes à noite ou em regiões escuras. As respostas dos bastonetes indicam graus de luminosidade mas não de cor. Conseqüentemente, suas respostas são interpretadas somente em tons cinza.

Cones

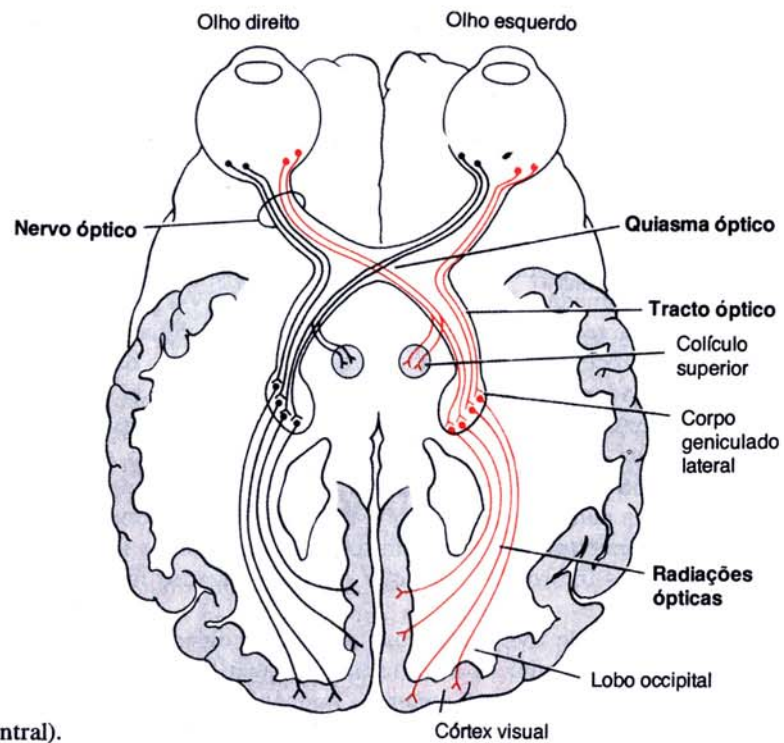
Existem três tipos diferentes de cones. Cada tipo contém um fotopigmento diferente e cada um é especialmente sensível a um determinado comprimento de onda luminoso. Cones vermelhos respondem mais intensamente que outros aos comprimentos de onda luminosa que o encéfalo interpreta como vermelho; os verdes respondem mais intensamente às ondas que o encéfalo interpreta como verde, e os azuis, às ondas que o encéfalo interpreta como azul ou violeta.

Os cones são responsáveis pela visão de cores. A capacidade de perceber várias cores diferentes das três citadas (verde, vermelho e azul) se deve ao fato de que diferentes comprimentos de onda luminosa que atingem a retina determinam diferentes graus de resposta dos três tipos básicos de cones. Essas respostas variadas são interpretadas pelo encéfalo como uma ampla variedade de cores.

Como os cones operam somente em níveis relativamente altos de iluminação, eles são os principais fotorreceptores durante a visão diurna ou em áreas muito iluminadas. Os cones estão concentrados no centro da retina e mais intensamente na fóvea, enquanto os bastonetes são mais numerosos na periferia da retina.

Componentes Nervosos da Retina

As várias camadas do extrato nervoso da retina estão compostas por elementos nervosos (Fig. 17-7). As células fotorreceptoras (cones e bastonetes) que F 17-7

**Figura 17-8**

Vias nevosas da visão (encéfalo em vista ventral).

estão localizadas na camada mais externa, trocam sinapse com as **células bipolares** que formam uma camada média. As células bipolares, por sua vez, trocam sinapse com as **células ganglionares**, que formam uma camada interna. Os axônios destas células passam ao longo da face interna da retina e deixam o olho através do disco do nervo óptico, formando o **nervo óptico**, que se dirige para o encéfalo.

Normalmente, as vias neurais que transmitem as respostas dos bastonetes mostram uma convergência maior do que as vias que transmitem as respostas dos cones. Por exemplo, nas regiões periféricas da retina vários bastonetes estabelecem sinapse com uma única célula bipolar, e várias destas trocam sinapse com uma única célula ganglionar. Ao contrário, no interior da fóvea existe aproximadamente o mesmo número de cones, células bipolares e células ganglionares, e ocorre uma convergência relativamente pequena. Conseqüentemente, os cones na fóvea proporcionam uma informação mais precisa sobre a região da retina estimulada do que os bastonetes na região periférica da retina. Como resultado, a visão é mais precisa na fóvea que na periferia da retina. Por outro lado, a convergência que ocorre ao longo das vias visuais dos bastonetes proporcionadas pela soma de impulsos aferentes, e juntamente com as diferenças na sensibilidade para a luz dos cones e bastonetes, contribuem para o fato de a visão do bastonete ser mais efetiva em ambientes escuros do que a visão do cone.

Vias Visuais

Os dois nervos ópticos, que são formados pelos axônios das células ganglionares, se unem ao nível do **quiasma óptico**, que está localizado anteriormente à hipófise (Fig. 17-8). No interior do quiasma, os axônios das células ganglionares da metade medial de cada retina cruzam para o lado oposto. Do quiasma óptico, os axônios se continuam como **tractos ópticos**. Como conseqüência do cruzamento dos axônios no quiasma, o **tracto óptico esquerdo** consiste de axônios de células ganglionares da metade lateral da retina do olho esquerdo e da metade medial da retina do olho direito. Ambos os grupos de fibras transportam informação do campo visual direito. De modo inverso, o **tracto ópti-**

co *direito* consiste de axônios da metade lateral da retina do olho direito e da metade medial da retina do olho esquerdo. Ambos os grupos de fibras transmitem informação do campo visual esquerdo.

A maioria dos axônios das células ganglionares nos tractos ópticos se dirige para os corpos geniculados laterais do tálamo, onde trocam sinapse com neurônios que formam vias nervosas denominadas **radiações ópticas**, que terminam no *córtex visual* do lobo occipital. É nessa região que os impulsos nervosos da retina são interpretados pelo encéfalo como visão. Alguns desses axônios nos tractos ópticos terminam nos colículos superiores do mesencéfalo, onde atuam em importantes reflexos visuais, tais como a coordenação da mão e dos olhos.

CONDIÇÕES DE IMPORTÂNCIA CLÍNICA

O Olho

Miopia

A miopia é uma condição na qual os raios luminosos de objetos distantes são focalizados anteriormente à retina e somente raios luminosos de objetos próximos podem ser corretamente focalizados na retina (Fig. 17-9). A miopia é causada por um sistema focalizador que apresenta uma ação refrativa bem alta em relação à posição ocupada pela retina. A miopia mais comum é aquela relacionada a um bulbo do olho alongado, que pode resultar de um enfraquecimento das túnicas do olho. A miopia pode ser corrigida pelo uso de óculos (ou lentes de contato) com lentes do tipo *côncava*. Essas lentes determinam uma ligeira divergência dos raios luminosos de pontos distantes quando eles penetram no olho de tal forma que o sistema refringente do olho possa focalizá-los na retina.

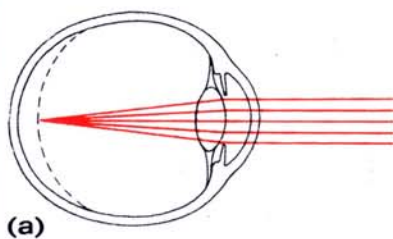
Hipermetropia

A *hipermetropia* (hiperopia) é uma condição na qual os raios luminosos de objetos distantes são focalizados posteriormente à retina quando o olho está em repouso e a acomodação se torna necessária para a focalização dos raios luminosos da retina. Um indivíduo com hipermetropia apresenta uma visão turva para objetos próximos do olho, e a acomodação é realizada para se observar um objeto pró-

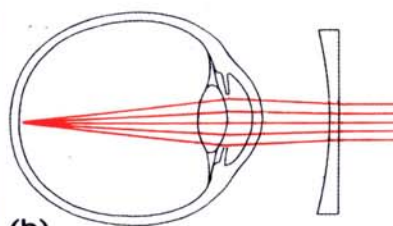
ximo ou longe do olho. A hipermetropia é mais comumente relacionada a um globo ocular pequeno (Fig. 17-10), e pode ser corrigida com o uso de óculos com lentes *convexas*. Estas lentes determinam a convergência dos raios luminosos que penetram no olho e auxiliam o sistema refringente na focalização de objetos na retina.

Astigmatismo

Todos os elementos do sistema refringente do olho apresentam uma superfície curva, uniforme (muitas, como uma bolinha de gude). Em determinadas circunstâncias, contudo, a superfície de um ou mais elementos do sistema pode não se apresentar com uma curvatura uniforme em todos os planos. A superfície da córnea, por exemplo, pode apresentar um raio de curvatura no plano horizontal, diferente daquele observado no plano vertical (como um ovo de galinha). Como resultado, os raios luminosos que penetram no olho em diferentes planos, são focalizados em diferentes pontos, determinando uma imagem fora de foco. A condição que resulta de uma curvatura desigual de porções do sistema refringente do olho é denominada *astigmatismo*. Se um indivíduo com astigmatismo examina uma série de pontos, alguns podem ser precisamente focalizados na retina e claramente visualizados, enquanto outros podem ser



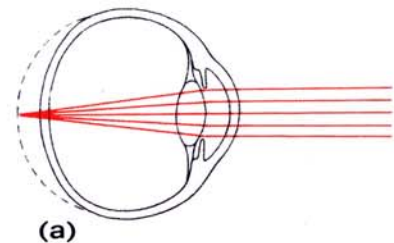
(a)



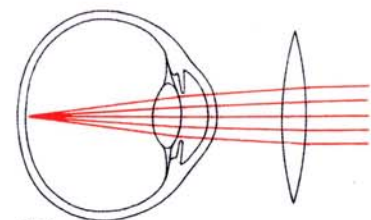
(b)

Figura 17-9

Miopia. (a) Na miopia, os raios luminosos de objetos distantes são focalizados anteriormente à retina. (b) A miopia pode ser corrigida por uma lente côncava, que determina a divergência dos raios ao entrarem no olho.



(a)



(b)

Figura 17-10

Hipermetropia. (a) Na hipermetropia, os raios luminosos de objetos distantes são focalizados atrás da retina. (b) A hipermetropia pode ser corrigida por uma lente convexa, que determina a convergência dos raios ao entrarem no olho.

focalizados ou anterior ou posteriormente à retina e não se tornarem distinguíveis. O astigmatismo pode ser corrigido por óculos com lentes que apresentem o mesmo grau de astigmatismo do olho, mas com uma rotação de 90° em relação ao astigmatismo apresentado pelo olho. Desta maneira, o astigmatismo da lente anula o apresentado pelo olho.

Catarata

Em alguns casos, as lentes dos olhos ou uma parte delas podem se tornar nubladas ou opacas e desta forma impedirem a visão. Essa condição é conhecida como *catarata*. Frequentemente essas lentes são removidas cirurgicamente, e a visão pode ser restaurada pelo uso de óculos especiais que compensam a perda da lente do olho.

Glaucoma

O glaucoma é uma elevação anormal da pressão intraocular resultante de uma drenagem deficiente do humor aquoso. Quando severa, a alta pressão do glaucoma pode comprimir e ocluir os vasos do olho, levando à degeneração do olho e à cegueira.

Cegueira para Cores

É uma deficiência na percepção de cores que pode variar desde uma incapacidade para distinguir determinados tons de cor até uma perda completa na percepção das cores. A dificuldade em se distinguir tons de vermelho ou verde é a mais comum das cegueiras para cores. A condição é determinada por uma ausência de um ou mais dos três tipos diferentes de cones. Acredita-se que a cegueira para cores resulte da falta de genes específicos localizados nos cromossomos X. Por estar relacionada aos cromossomos X, a cegueira para cores está vinculada ao sexo – cerca de 8% de indivíduos do sexo masculino mas menos que 1,5% de indivíduos do sexo feminino apresentam cegueira para cores verde-avermelhadas.

Ação do Envelhecimento Sobre o Olho

Com a idade, as lentes dos olhos se tornam amareladas devido à ação dos efeitos dos raios ultravioletas de fontes

como os raios solares. Além disso, a lente é uma das poucas estruturas que apresentam um crescimento celular com a idade, que pode contribuir para o desenvolvimento da catarata.

Quando um indivíduo envelhece, a pupila não apresenta a mesma capacidade de se dilatar completamente, e a quantidade de luz que atinge os fotorreceptores da retina aos 70 anos, pode ser somente 50% daquela que chega à retina durante a juventude. A incapacidade de dilatação completa da pupila pode também levar a uma drenagem deficiente do humor aquoso, resultando no aumento da pressão intra-ocular e uma maior possibilidade de se desenvolver um glaucoma.

A exposição contínua dos cones e bastonetes à luz lesiona suas membranas. Essa lesão resulta em acúmulo de fragmentos celulares que podem ser removidos pelas células do extrato pigmentado da retina. Com a idade, contudo, essas células podem se tornar congestionadas, acumulando fragmentos dos cones e dos bastonetes, contribuindo desta forma para a perda da acuidade visual. Essa perda é particularmente notável se ela ocorre na fóvea central ou na mácula, e o acúmulo desses fragmentos pode contribuir para uma degeneração macular.

Com a idade, a lente perde gradualmente a sua elasticidade, e desta forma perde também a capacidade de mudar o seu formato durante a acomodação para visualização de objetos próximos. Embora mudanças na elasticidade da lente se iniciem muito cedo na vida a maior perda dessa elasticidade ocorre após 40 anos ou mais. Como a capacidade de acomodação para objetos próximos diminui, torna-se necessário a leitura cada vez mais distante do olho a fim de se focalizar as letras impressas, na retina. Por fim, livros e anotações são tão afastados do olho que as imagens das letras na retina são tão pequenas que não podem ser reconhecidas. Essa condição, denominada *presbiopia*, pode ser corrigida pelo uso de óculos com lentes *convexas*. As lentes convexas aumentam a convergência dos raios luminosos de maneira que o sistema refringente do olho pode focalizá-los sobre a retina quando as letras impressas são colocadas razoavelmente próximas dos olhos.

A ORELHA — AUDIÇÃO E EQUILÍBRIO

F 17-11 A orelha apresenta receptores para audição, bem como receptores que detectam a posição e os movimentos da cabeça. A informação destes últimos é utilizada na manutenção do balanço e do equilíbrio. A orelha está dividida em regiões *externa*, *média* e *interna* (Fig. 17-11). A orelha externa é essencialmente uma estrutura em forma de funil utilizada para a captação das ondas sonoras. A orelha média apresenta três pequenos ossos, denominados ossículos da audição (auditivos), que transmitem as ondas sonoras da orelha externa para a orelha interna. A orelha interna está composta por um sistema de canais semicirculares e câmaras cheias de líquido que possuem os receptores para a percepção de sons, bem como aqueles referentes à posição e movimentos da cabeça.

Desenvolvimento Embrionário da Orelha

F 17-12a No embrião, o desenvolvimento da orelha se inicia com a formação de uma placa ectodérmica espessada, o **placóide ótico**, que está localizado na região lateral da cabeça nas proximidades do encéfalo posterior (Fig. 17-12a).
F 17-12b Cada placóide ótico se invagina para formar uma **escavação ótica** (Fig. 17-12b). Em torno da quarta semana de desenvolvimento, as escavações óticas se separaram da superfície da ectoderme e se desenvolvem em um saco fechado denominado **vesícula ótica** (Fig. 17-12c).
F 17-12c

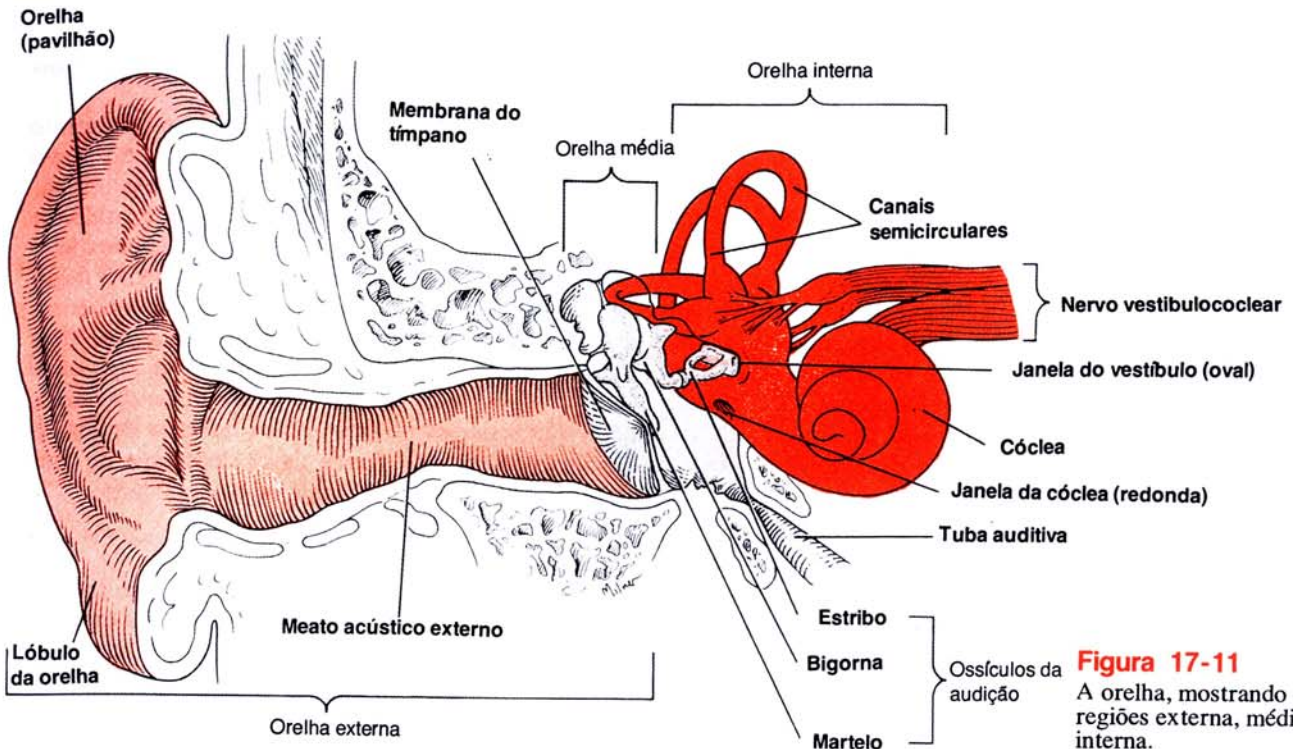


Figura 17-11
A orelha, mostrando as regiões externa, média e interna.

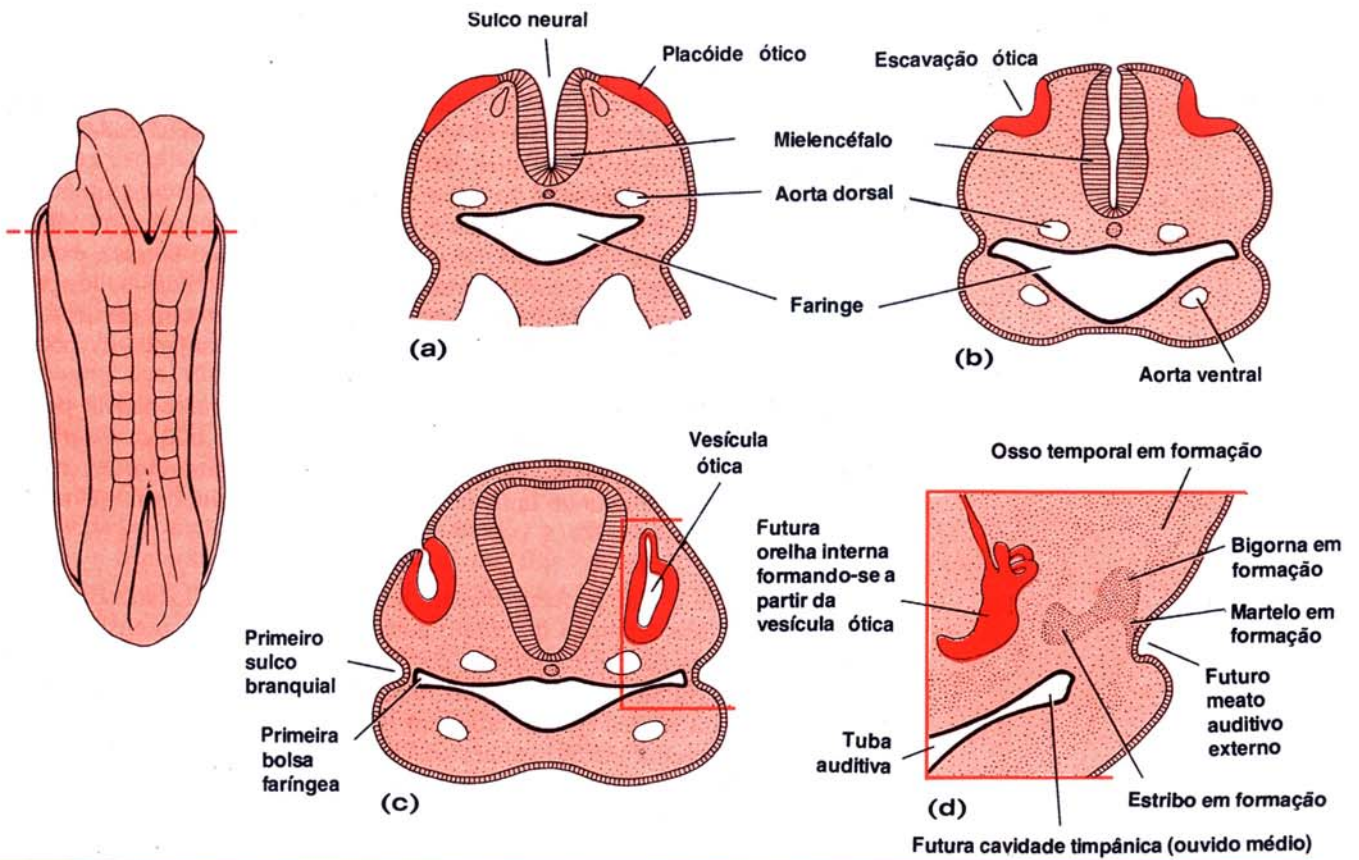


Figura 17-12

Desenvolvimento embrionário da orelha. (a) Formação dos placóides óticos e primeiras bolsas faríngeas. (b) Invaginação dos placóides para formar as escavações óticas, e início da formação dos primeiros sulcos branquiais. (c) Vesículas óticas se formam das escavações

óticas, e os sulcos branquiais se aprofundam. (d) Estruturas da orelha interna se formam a partir das vesículas óticas. Cada primeiro sulco branquial se desenvolve em um meato acústico externo e cada bolsa faríngea se torna uma tuba auditiva e uma cavidade da orelha média.

Enquanto as vesículas óticas estão se formando, bolsas laterais se desenvolvem nos lados da faringe. Como essas **bolsas faríngeas** se expandem, a superfície da ectoderme se entalha em direção a elas, formando os **sulcos branquiais**.

Com o desenvolvimento posterior, as vesículas óticas formam o labirinto membranáceo da orelha interna. Enquanto isto está ocorrendo, fibras do nervo vestibulococlear (VIII nervo craniano) crescem em direção à vesícula ótica, innervando-a. A extremidade distal da primeira bolsa faríngea forma a cavidade da orelha média. A porção proximal da primeira bolsa faríngea forma um tubo denominado *tuba auditiva* que conecta a cavidade da orelha média com a faringe (Fig. 17-12d). Os três ossículos da audição se formam a partir de condensações das células mesenquimais na cavidade da orelha média. Sobre a superfície do embrião, o sulco branquial associado à primeira bolsa faríngea se aprofunda e forma um canal denominado *meato acústico externo*. A *membrana do tímpano* se desenvolve da membrana que separa a primeira bolsa faríngea do assoalho do sulco branquial. O pavilhão (orelha) se forma da coalescência de uma série de elevações que se desenvolvem ao redor do meato acústico externo.

Estruturas da Orelha

As estruturas das várias regiões da orelha são adaptadas unicamente para coletar ondas sonoras, converter as vibrações das ondas em vibrações mecânicas – inicialmente através dos ossículos da audição da orelha média, e depois através do líquido na orelha interna – e finalmente converter as vibrações do líquido em impulsos nervosos.

Orelha Externa

F 17-11 O **pavilhão** (orelha) é a porção mais proeminente da orelha externa (Fig. 17-11). Ele consiste de uma rede de cartilagem elástica irregularmente formada, coberta por pele. A única parte da orelha que não está sustentada por cartilagem é o **lóbulo**, uma aba coberta por pele e formada por tecido conjuntivo que se projeta da margem inferior do pavilhão. O pavilhão direciona as ondas sonoras para o interior do meato acústico externo.

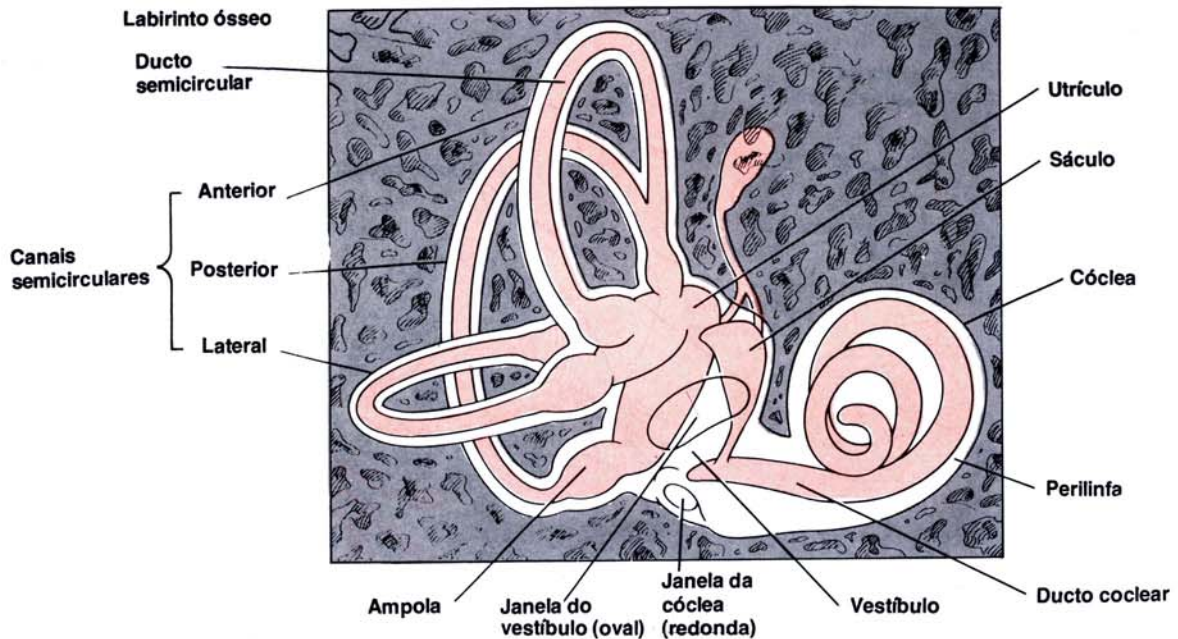
O **meato acústico externo** é uma via de passagem curva, com aproximadamente 2,5 cm de comprimento que se estende do pavilhão para a membrana do tímpano. O meato está recoberto por pele, e próximo à sua entrada existem finos pêlos e glândulas sebáceas. Ele também apresenta glândulas sudoríparas modificadas, denominadas **glândulas ceruminosas**, que secretam **cerume**. Os pêlos e o cerume impedem que pequenos objetos estranhos atinjam a membrana do tímpano.

O meato acústico externo atua como uma estrutura de ressonância para o alcance das ondas sonoras típicas da fala humana (2.500 a 5.000 ciclos por segundo). Devido às suas propriedades de ressonância, o meato aumenta a pressão sonora sobre a membrana do tímpano para tons nesse limite de frequência.

Orelha Média

F 17-11 A orelha média é uma pequena câmara preenchida por ar, localizada no osso temporal. Ela está separada do meato acústico externo pela **membrana do tímpano** e separada da orelha interna por uma parede óssea na qual existem duas pequenas aberturas cobertas por membrana – a **janela do vestíbulo** (janela oval) e a **janela da cóclea** (janela redonda) (Fig. 17-11). Uma abertura na parede posterior da orelha média conduz aos seios mastóideos do processo mastóideo do osso temporal. Uma outra abertura conecta a cavidade da orelha média com a **tuba auditiva**, que leva à parte nasal da faringe.

A tuba auditiva proporciona um meio pelo qual a pressão do ar na cavidade da orelha média se mantenha equilibrada com a pressão atmosférica. Quando a pressão atmosférica é reduzida, como ocorre em grandes altitudes, a membrana do tímpano poderia se arquear para fora se a pressão da orelha média não fosse reduzida de uma forma correspondente. Isto não somente ocasionaria dores, mas também poderia impedir a audição por interferência nas vibrações da mem-

**Figura 17-13**

Estruturas da orelha interna. O labirinto membranoso (colorido) é preenchido por endolinfa e está separado do labirinto ósseo pela perilíngua (em branco).

brana do tímpano. A tuba auditiva, que está fechada a maior parte do tempo nos indivíduos adultos, pode ser aberta na deglutição ou no ato de bocejar, permitindo que a pressão existente no interior da cavidade da orelha média se equipare à pressão atmosférica.

As membranas mucosas que forram a cavidade da orelha média (cavidade timpânica), os seios mastóideos, e as tubas auditivas são contínuas com a membrana mucosa da garganta. Por esta razão, infecções na garganta podem facilmente se espalhar para a cavidade timpânica – particularmente em crianças, que possuem as tubas auditivas mais retas que as dos adultos e tendem a se manter abertas a maior parte do tempo. Por causa da abertura entre a cavidade timpânica e os seios mastóideos, infecções da cavidade timpânica podem se disseminar para a mucosa que forra esses seios, produzindo uma condição conhecida como **mastoidite**. Os seios mastóideos estão separados do encéfalo somente por delgados tabiques ósseos. Desta forma, também é possível para uma infecção, se disseminar dos seios mastóideos para as meninges encefálicas.

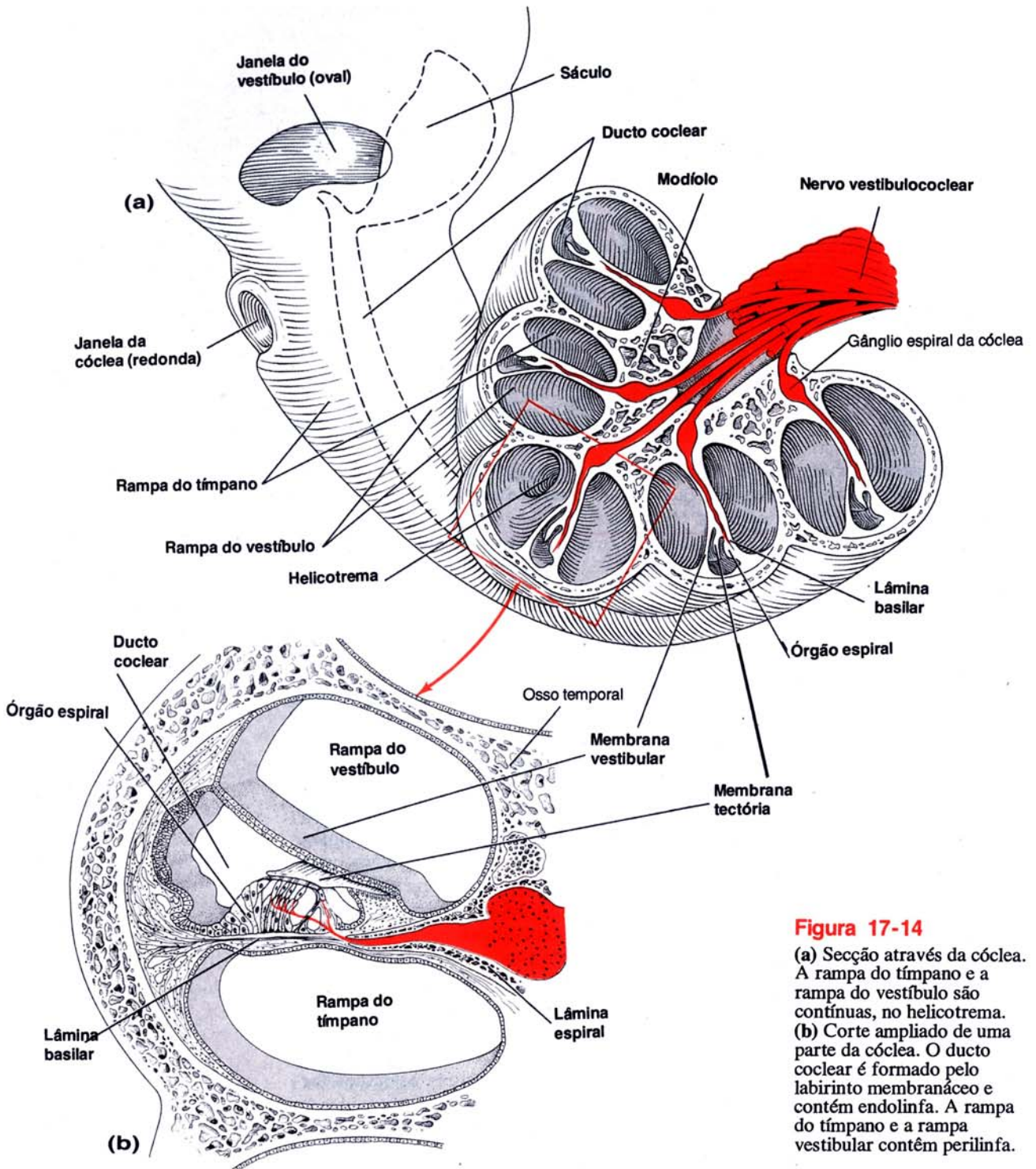
Os três **ossículos** da audição formam uma ponte flexível através da cavidade timpânica (Fig. 17-11). O “cabo” do ossículo denominado **martelo** (ou o *manúbrio do martelo*) adere à membrana do tímpano. A base do ossículo, denominado **estribo**, se adapta ao contorno da janela do vestíbulo, na face medial da cavidade timpânica. O terceiro ossículo, a **bigorna**, está situada entre o martelo e o estribo e a eles está articulada. Desta forma, os três ossículos formam uma ponte entre a membrana do tímpano e a janela do vestíbulo (oval). As articulações entre os ossículos do ouvido são do tipo sinovial. Os ossículos formam um sistema de alavancas que captam as vibrações da membrana do tímpano e as transmitem para a janela do vestíbulo, que por sua vez as transmite para a orelha interna. Dois pequenos músculos estão inseridos aos ossículos da audição: o **músculo estapédio**, inserido no estribo, e o **músculo tensor do tímpano**, inserido no manúbrio do martelo. Uma vez que esses músculos se contraem reflexamente em respostas a sons altos repentinos, eles amortecem as vibrações dos ossículos e desta forma protegem os receptores da orelha interna contra lesões.

F 17-11

Orelha Interna

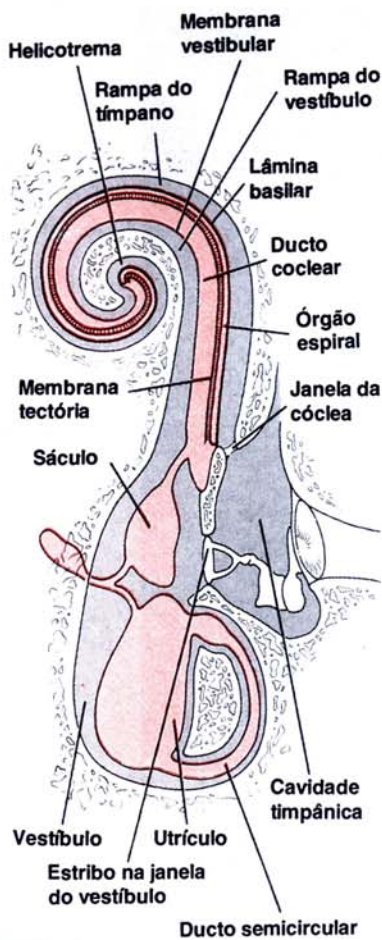
A orelha interna está localizada medialmente à orelha média, na parte petrosa do osso temporal (Fig. 17-13). Ela consiste de uma série de canais de

F 17-13

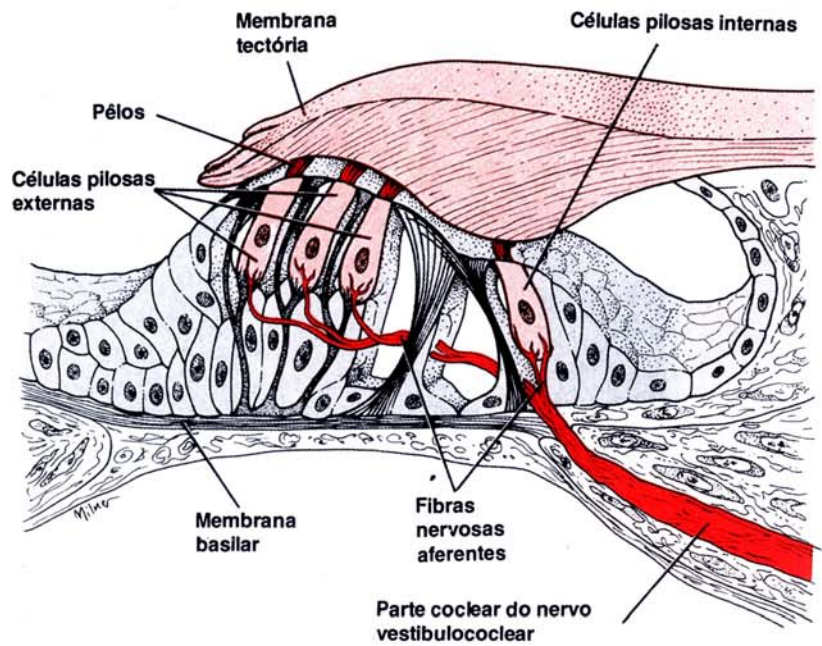
**Figura 17-14**

(a) Seção através da cóclea. A rampa do tímpano e a rampa do vestíbulo são contínuas, no helicotrema. (b) Corte ampliado de uma parte da cóclea. O ducto coclear é formado pelo labirinto membranáceo e contém endolinfa. A rampa do tímpano e a rampa vestibular contêm perilinf.

minados **labirinto ósseo**, que são escavações do osso temporal. No interior do labirinto ósseo, e seguindo o seu trajeto, está o **labirinto membranáceo**. O labirinto membranáceo está preenchido por um líquido denominado **endolinfa** e está suspenso em um líquido denominado **perilinf**, que separa as paredes do labirinto membranáceo das paredes do labirinto ósseo. O labirinto ósseo está dividido em três regiões: o **vestíbulo**, os **canais semicirculares ósseos** e a **cóclea**.

**Figura 17-15**

Representação esquemática das estruturas da orelha interna. As áreas em vermelho são preenchidas por endolinfa; as áreas em cinza, contêm perilinfa.

**Figura 17-16**

Corte do órgão espiral.

VESTÍBULO O **vestíbulo** é uma câmara localizada medialmente à cavidade timpânica. Uma vez que a janela do vestíbulo forma uma parede membranosa entre a cavidade timpânica e o vestíbulo da orelha interna, vibrações da janela do vestíbulo induzidas pelo estribo são transmitidas para a perilinfa do vestíbulo. No interior do vestíbulo existem duas dilatações do labirinto membranoso; o **sáculo** e o **utrículo**. Essas estruturas apresentam células receptoras que detectam a posição da cabeça. Assim, as informações das células receptoras contribuem para o sentido de balanço e equilíbrio. O utrículo está conectado à porção do labirinto membranoso que está localizada nos canais semicirculares ósseos; o sáculo está conectado com o labirinto membranoso contido na cóclea. O labirinto membranoso, desta forma, é uma série contínua de ductos que estão preenchidos por endolinfa.

CANAIS SEMICIRCULARES No interior da orelha interna existem três **canais semicirculares ósseos** que contêm três **ductos semicirculares** membranáceos. Os canais semicirculares estão arranjados em ângulos retos entre si, formando um canal semicircular anterior, um lateral e um posterior. Os canais semicirculares anterior e posterior são verticais; o canal semicircular lateral é horizontal. Cada ducto semicircular membranoso apresenta uma dilatação denominada **ampola membranácea**, que contém células receptoras que detectam



Figura 17-17

Micrografia eletrônica de varredura das células pilosas do órgão espiral (x 2.420).

De *Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy* by Richard G. Kessel and Randy H. Kardon. W.H. Freeman and Company. Copyright © 1979.)

F 17-14a

F 17-14b

F 17-15

F 17-16

F 17-17

determinados movimentos da cabeça e desta forma proporcionam informações referentes ao equilíbrio.

CÓCLEA A porção da orelha interna associada com a audição é a **cóclea**. Ela se assemelha a uma concha de caracol, apresentando uma forma espiral de duas voltas e meia em torno de um centro ósseo denominado **modíolo** (Fig. 17-14a). Uma projeção óssea em forma de prateleira denominada **lâmina espiral óssea** se estende pelo interior da cóclea, a partir do modíolo (Fig. 17-14b). Duas membranas, a **membrana vestibular** e a **membrana basilar** (lâmina basilar) se estendem pelo interior da cóclea a partir da lâmina espiral, dividindo a cóclea em três túneis longitudinais.

O túnel central entre as membranas vestibular e basilar é denominado **ducto coclear**, ou rampa média. O ducto coclear é o labirinto membranáceo da cóclea preenchido com endolinfa. Um túnel, a **rampa do vestíbulo**, está separado do ducto coclear, pela membrana vestibular. O outro túnel, a **rampa do tímpano**, está separado do ducto coclear, pela membrana basilar. A rampa vestibular e a rampa do tímpano apresentam perilinfa e são contínuas entre si ao nível do ápice da cóclea, através de uma abertura denominada **helicotrema**. A rampa do tímpano termina ao nível da janela da cóclea (redonda), enquanto que a rampa do vestíbulo termina ao nível da janela do vestíbulo (oval). As relações entre essas estruturas são mais facilmente compreendidas se a cóclea é visualizada como se estivesse desenrolada, como se observa na Figura 17-15.

O **órgão espiral**, que contém os receptores para audição, está localizado sobre a membrana basilar. Ele consiste de uma série de células pilosas sensitivas e células de suporte (Fig. 17-16). As células pilosas estão arranjadas em uma única fileira de **células pilosas internas** e três fileiras de **células pilosas externas** (Fig. 17-17). As células pilosas são inervadas por fibras sensitivas da divisão coclear do nervo vestibulococlear (VIII par craniano). Essas fibras sensitivas passam pelo modíolo e lâmina espiral para atingir a membrana basilar. Projetando-se sobre o órgão espiral há uma flexível **membrana tectória** que

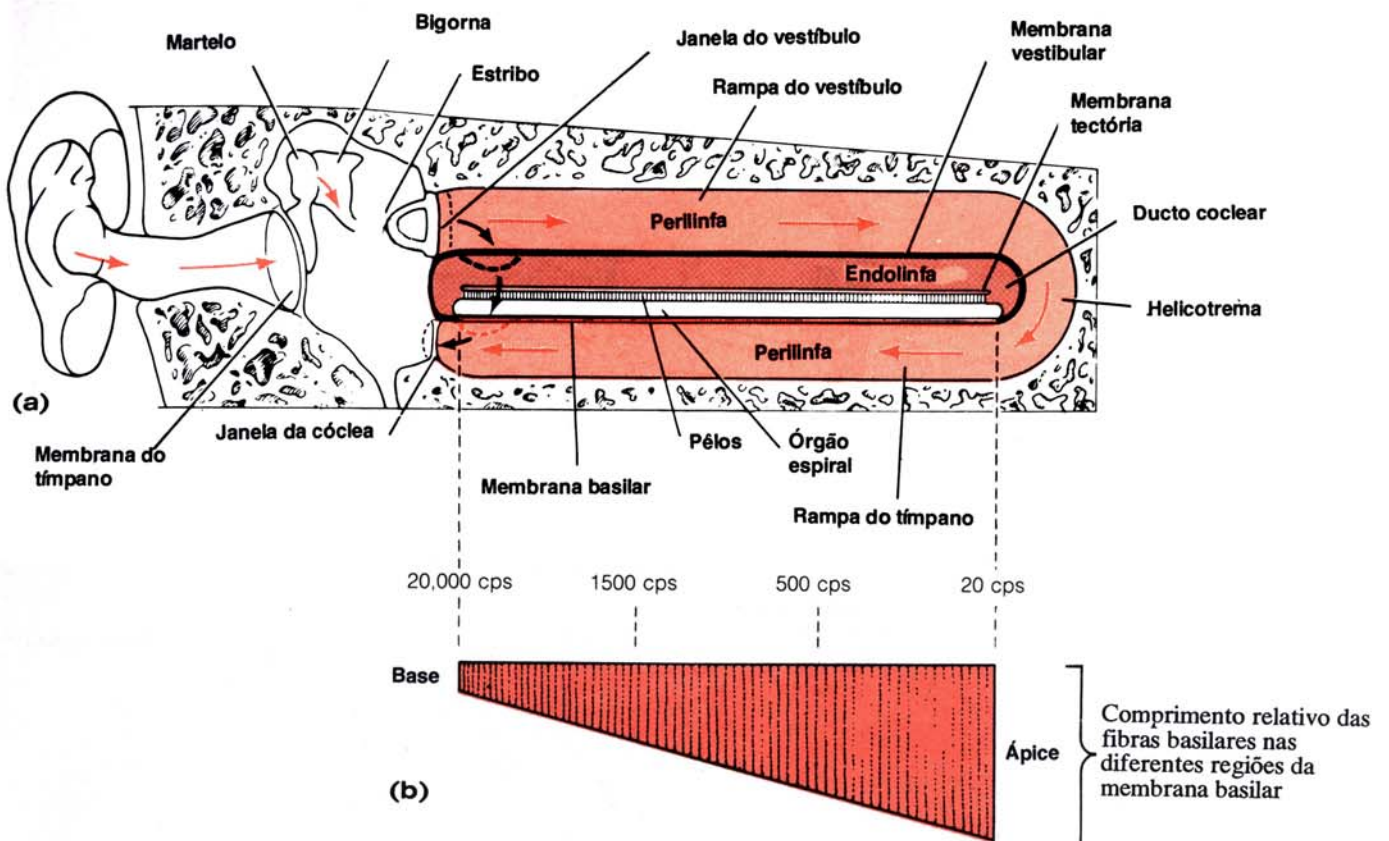


Figura 17-18

(a) Representação esquemática da transmissão das ondas de pressão na cóclea. As setas coloridas indicam a via de transmissão quando o movimento do estribo é lento. As setas negras indicam a via de transmissão de ondas de pressão de alta frequência associada com a percepção do som. (b) Representação gráfica da membrana basilar, mostrando que a extremidade da membrana próxima à orelha média apresenta fibras basilares mais curtas que a

extremidade próxima ao helicotrema. As vibrações máximas da membrana basilar ocorrem na região da membrana que apresenta mesma frequência ressonante da onda sonora que determina a onda de pressão. Ondas sonoras de baixa frequência determinam uma vibração máxima no ápice da membrana basilar. Ondas de alta frequência possuem o seu efeito máximo próximo à base da membrana basilar.

está ancorada à lâmina espiral. Os pêlos das células sensitivas do órgão espiral estão em contato com a membrana tectória.

Mecanismos da Audição

A audição é a percepção dos sons. O som é produzido quando moléculas do ar (ou outro meio) são comprimidas em um ritmo regular, produzindo uma onda sonora. A amplitude (comprimento) da onda sonora determina a intensidade, ou sonoridade. Quanto maior a amplitude, maior a sonoridade. A frequência da onda sonora (em vibrações por segundo) determina a tonalidade. Quanto maior a frequência, maior a tonalidade. A orelha humana é capaz de detectar ondas sonoras com frequências entre 20 e 20.000 ciclos por segundo. Ela é mais sensível, contudo, a ondas sonoras com frequências entre 1.000 e 4.000 ciclos por segundo.

Transmissão das Ondas Sonoras para a Orelha Interna

As ondas sonoras penetram pelo meato acústico externo e movimentam a membrana do tímpano, determinando a sua oscilação na mesma frequência da onda sonora. As vibrações da membrana do tímpano são então transmitidas através da cavidade do tímpano pelo martelo, bigorna e estribo para a janela do vestíbulo (oval) da cóclea. A área da superfície da membrana do tímpano é cer-

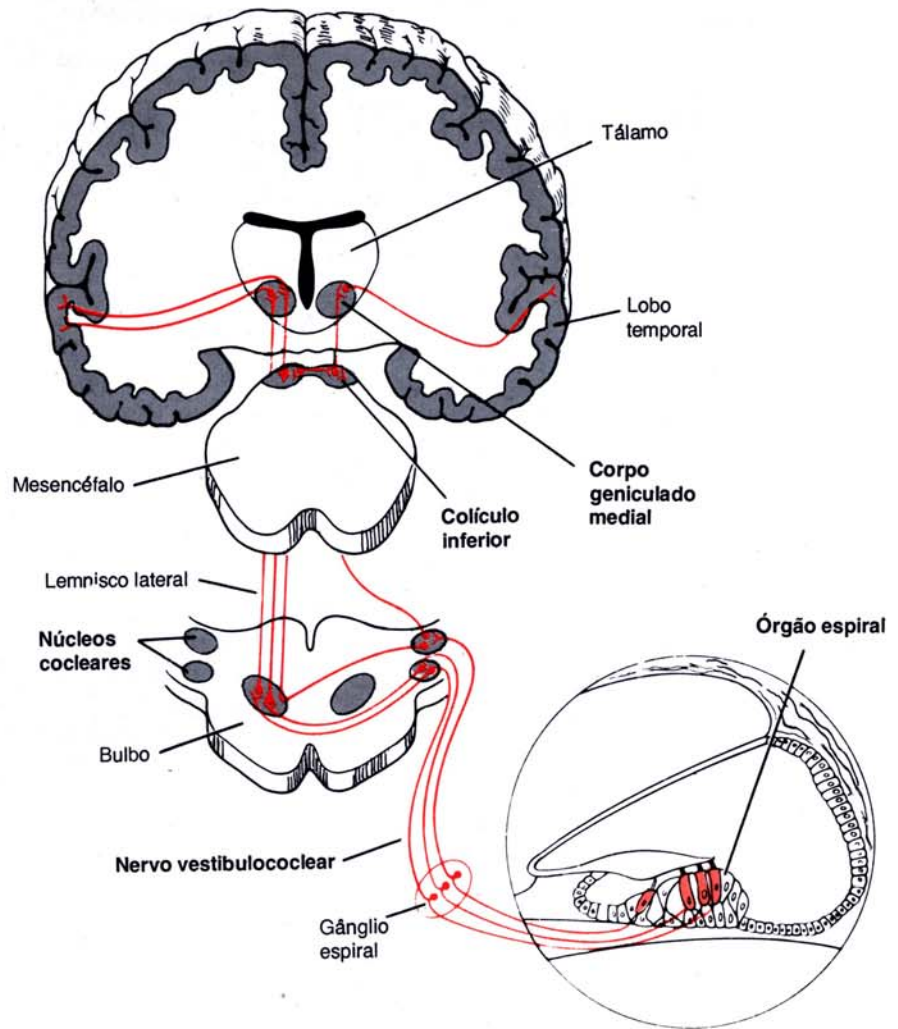


Figura 17-19
 Vias auditivas do órgão espiral, passando por estruturas do SNC, até atingir o córtex do lobo temporal.

ca de 20 vezes maior que a área da superfície da base do estribo. Como toda a energia das ondas sonoras que atingem a membrana do tímpano é transmitida pelos ossículos, a pressão contra a janela do vestíbulo é cerca de 20 vezes maior que a pressão da onda sonora que determinou o movimento.

Função da Cóclea

Se o movimento para dentro da janela do vestíbulo que resulta do movimento do estribo é muito reduzido, a pressão exercida sobre a perilinfa a desloca ao longo da rampa do vestíbulo, através do helicotrema, e para a rampa do tímpano, determinando um abaulamento da janela da cóclea (redonda) para o interior da orelha média (Fig. 17-18a). Assim, o movimento para dentro, da janela do vestíbulo, é compensado pelo abaulamento da janela da cóclea. Esse movimento compensatório previne um aumento significativo na pressão do interior da orelha interna e, assim, ondas de frequência muito baixa possuem um pequeno efeito sobre a membrana basilar. Todavia, ondas de alta frequência, do tipo associada com a percepção do som, seguem uma via diferente. Quando um som é percebido, o movimento do estribo é tão rápido que um aumento da pressão no interior da perilinfa da rampa do vestíbulo ocorre na base da cóclea, próximo à janela do vestíbulo. Essa pressão aumentada da perilinfa é transmitida através da flexível membrana vestibular para a endolinfa do ducto coclear. Da endolinfa as ondas de pressão são transmitidas através da membrana basilar pa-

F 17-18a

FRONTEIRAS EM SAÚDE

A Orelha Biônica

Mais de 2 milhões de americanos sofrem de surdez profunda, produzida pela destruição das células pilosas como um resultado de sons altos ou infecções como meningite, ou como resultado de defeitos congênitos, e que tem sido considerada uma doença sem tratamento. Para os indivíduos com essa patologia, sirenes, buzinas e outras formas de sons se tornam imperceptíveis. Vivem uma vida parecida como ver televisão sem som, por todo o tempo.

A surdez profunda pode afetar seriamente o desenvolvimento de uma criança nascida com surdez, ou que ficou surda antes que se iniciasse o processo de fala. Levadas para um mundo silencioso, elas freqüentemente deixam de amadurecer emocionalmente. A aprendizagem de comunicação é difícil, e a compreensão da leitura é geralmente dificultada. De fato, não ocorre nenhum avanço a mais do que um nível elementar de leitura.

Aparelhos de audição normalmente não possuem nenhum valor para aqueles que nasceram surdos ou perderam a audição completamente, por diversas causas. Para esse grande grupo de pessoas, contudo, existe agora uma nova esperança. Ela vem na forma de um implante coclear – um invento que estimula a função da audição.

Preparado pelo Dr. William House, do Ear Institute de Los Angeles, o implante coclear compreende várias partes. Montado ao nível da orelha (pavilhão) está um pequeno microfone que capta o som e o transmite para um estimulador situado em um cinto ou no tórax. O estimulador, que possui o tamanho aproximado de uma caixa de baralhos, processa os sinais recebidos do microfone e os converte em sinais elétricos, que são enviados para uma bobina de indução fixada à face externa do corpo sobre o processo mastóideo, que envia o sinal através do crânio para um receptor implantado. Este, por sua vez, capta o leve sinal e gera uma corrente elétrica. Essa fraquíssima corrente dirige-se para a orelha interna ao longo de um eletrodo extremamente fino e deste para um eletrodo implantado a uma curta distância. A corrente produz uma sensação nas células nervosas do nervo auditivo. Em alguns modelos, os eletrodos estão implantados nas próprias fibras do nervo.

Esse método complexo torna possível, para indivíduos surdos, ouvirem, mas a audição é diferente da normal. Pacientes com o implante coclear podem detectar vozes e sons ambientais e podem distinguir algumas palavras das outras, mas as discriminações finas, que permitem às pessoas se comunicarem livremente através de complexos sistemas de linguagem, é impossível.

Todavia, mesmo essa rudimentar forma de audição é tremendamente excitante para as pessoas que foram impedidas de captar os sons do ambiente. Para elas, o implante coclear proporciona um valioso estímulo externo e uma conexão com o mundo. Ele também permite que se viva com uma pequena segurança. Os sons das buzinas e das sirenes, que podem ser captados pela maioria, serve a um importante propósito. O implante também auxilia aos adultos, permitindo que eles regulem e monitorem suas próprias vozes. A leitura falada (lendo os lábios e associando com os sons) torna mais fácil para o indivíduo com o implante, compreender a seqüência de uma conversação normal em um nível confortável e permite distinguir algu-

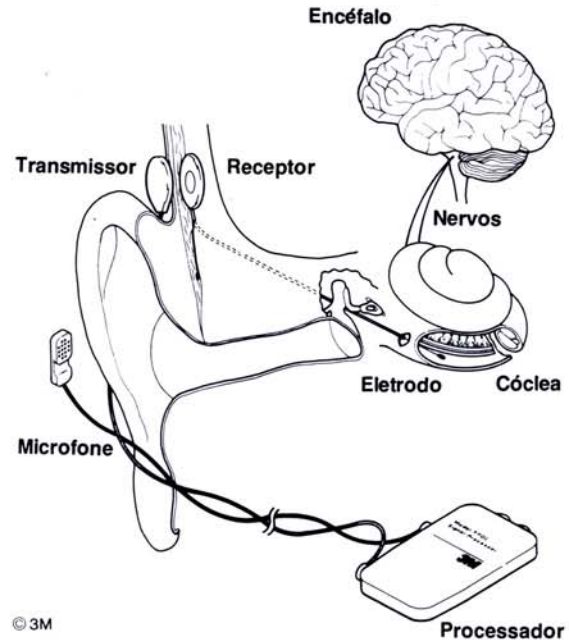


Diagrama do implante coclear 3M.

mas palavras através dos sons. Assim, os ganhos mínimos adquiridos pelo implante coclear podem intensificar significativamente a vida dos adultos profundamente surdos. Para crianças, a audição mínima proporcionada pelo implante pode significar a diferença entre aprender a ler e falar ou permanecer muda e alterada – a diferença entre a comunicação e o isolamento completo.

A companhia 3M de S. Paul, Minnesota, produz um implante coclear com um eletrodo único que está sendo usado por centenas de adultos e crianças. Alguns pacientes que foram utilizados nos experimentos iniciais têm usado seus ouvidos eletrônicos por mais de uma década sem nenhum problema significante. Em 1984, a Food and Drug Administration aprovou o implante para uso geral.

Todavia, o implante coclear de eletrodo único pode rapidamente se tornar obsoleto, uma vez que os pesquisadores continuam a procurar maneiras de introduzir mais eletrodos na orelha interna, produzindo desta maneira uma maior quantidade de sons para o órgão da audição. O Dr. Robert L. White e colegas da Stanford University, estão trabalhando em implantes cocleares de múltiplos canais. Os receptores desses inventos podem ser capazes de perceber várias palavras distintas e não somente os sons de um telefone ou de uma buzina. Com esse desenvolvimento, a audição normal pode estar bem próxima para aqueles que sofrem de surdez profunda.

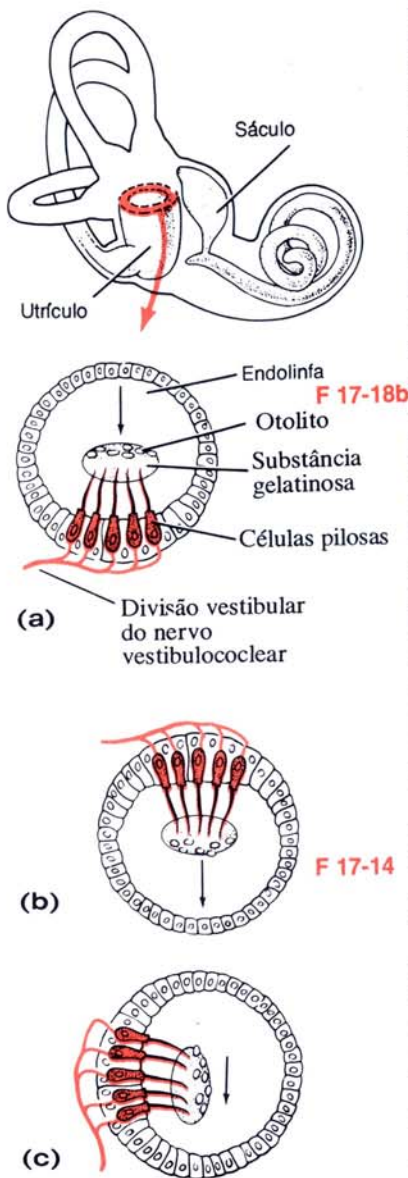


Figura 17-20

Estimulação dos receptores para equilíbrio (mácula) no sáculo e no utrículo. As setas indicam a direção da força da gravidade. (a) Mostra uma mácula quando a cabeça se encontra na posição ereta. (b) Ilustra a mácula quando a cabeça está invertida (para baixo). (c) Mostra a mácula quando a cabeça está numa posição horizontal.

F 17-19

ra a perilinfa da rampa do tímpano e, finalmente, para a janela da cóclea. A transmissão das ondas de pressão através da membrana basilar para a base da cóclea próximo às janelas (oval e redonda) determinam uma vibração das membranas dessas regiões. A vibração da membrana basilar próximo à base da cóclea inicia uma onda que corre ao longo da membrana basilar em direção ao helicotrema.

A membrana basilar contém milhares de fibras basilares que se projetam da lâmina espiral em direção à parede externa da cóclea. Embora a membrana basilar se estenda completamente através da cóclea a partir da membrana espiral, suas fibras não o fazem; mais propriamente, suas extremidades distais estão incluídas na membrana basilar. As fibras basilares aumentam em comprimento e diminuem em espessura e rigidez a partir da base da cóclea, onde está localizada a janela do vestibulo (oval) até o ápice, próximo ao helicotrema (Fig. 17-18b). Por causa disso, determinadas regiões da membrana basilar respondem mais facilmente que outras às vibrações produzidas pelas ondas sonoras de determinadas frequências. A amplitude de uma onda sonora aumenta enquanto ela corre ao longo da membrana basilar, atingindo um máximo de intensidade quando ela atinge a região da membrana que apresenta a mesma frequência ressonante máxima que a da onda sonora. Além da região de máxima intensidade, a amplitude da onda declina rapidamente, não percorrendo muito a membrana basilar. Assim, ondas sonoras de alta frequência determinam movimento máximo da membrana basilar próximo à base da cóclea, onde as fibras basilares são pequenas. As vibrações produzidas por ondas sonoras de baixa frequência percorrem um trajeto maior ao longo da membrana basilar, determinando um movimento máximo da membrana próximo à sua extremidade apical, onde as fibras são maiores.

Os pêlos das células receptoras do órgão espiral, que estão localizados sobre a membrana basilar, estão incluídos na membrana tectória que se projeta sobre eles (Fig. 17-14). Como resultado, o movimento da membrana basilar determina o deslocamento dos pêlos. O movimento dos pêlos determina o desenvolvimento de um potencial gerador nas células pilosas. Quando a membrana basilar se movimenta para cima, em direção à rampa do vestibulo, as células pilosas da região agitada despolarizam, gerando impulsos aferentes nos neurônios da divisão coclear do nervo vestibulococlear que estão associados com as células pilosas. Quando a membrana basilar se movimenta para baixo, as membranas das células pilosas se hiperpolarizam, cessando desta forma a geração de impulsos aferentes nos neurônios da divisão coclear do nervo vestibulococlear.

Percepção do Som no Encéfalo

Como as ondas sonoras de uma determinada intensidade determinam vibrações máximas em uma região particular da membrana basilar, as células pilosas dessa região geram um grande número de impulsos nervosos aferentes. Esses impulsos que correm pelas várias células pilosas do órgão espiral atingem o córtex do lobo temporal em um arranjo espacial definido. Assim, quando células pilosas específicas geram impulsos nervosos, esses impulsos sempre se dirigem para um determinado local do córtex. Esse arranjo espacial regular permite ao córtex localizar a região da membrana basilar que está vibrando ao máximo, e assim discriminar entre as várias frequências e interpretá-las como diferentes tons ou intensidades. As vias nervosas entre o órgão espiral e a porção auditiva do córtex do cérebro envolvem sinapses no bulbo, colículos inferiores do mesencéfalo e corpo geniculado medial do tálamo (Fig. 17-19).

Equilíbrio e Balanço

Além da função de audição, a orelha interna também proporciona informações a respeito da posição e movimentos da cabeça. Essa informação é utilizada na coordenação de movimentos que mantêm o balanço e equilíbrio do corpo. A porção da orelha interna envolvida nessas atividades é denominada **aparelho vestibular**. Células receptoras do aparelho vestibular estão localizadas no sáculo e no utrículo e no interior das ampolas dos ductos semicirculares. Mudan-

ças na posição da cabeça afetam o *equilíbrio estático*; movimentos da cabeça afetam o *equilíbrio dinâmico*.

Equilíbrio Estático

Os receptores que captam informações referentes à posição da cabeça estão localizados no sáculo e no utrículo. O utrículo atua como o órgão receptor principal; o papel do sáculo no homem ainda é desconhecido.

Os receptores no utrículo e no sáculo são denominados **máculas**, que são compostas por grupos de células pilosas cujos pêlos estão mergulhados numa substância gelatinosa. No interior desta estão minúsculas partículas de carbonato de cálcio denominadas **otolitos** (pedras da orelha), que tornam a substância gelatinosa mais pesada que a endolinfa que preenche o labirinto membranáceo. Como resultado, quando a cabeça se encontra na posição ereta, a força da gravidade determina que a substância gelatinosa caia sobre as células pilosas (Fig. 17-20). Quando a posição da cabeça se modifica, a direção da força da substância gelatinosa sobre as células pilosas também se modifica, determinando a saída dos pêlos de sua posição normal.

O movimento das células pilosas altera a estimulação dos neurônios que as inervam, e um padrão diferente de impulsos nervosos é transmitido para o encéfalo. Tais impulsos são transportados pela divisão vestibular do nervo vestibulococlear para várias áreas motoras no sistema nervoso central, principalmente o bulbo e o cerebelo. Os centros motores, por sua vez, iniciam a ação muscular que coordena vários movimentos do corpo com a posição da cabeça.

Equilíbrio Dinâmico

O corpo está apto a responder automaticamente à aceleração ou desaceleração rotacional da cabeça por causa da informação recebida pelo SNC de receptores localizados nas ampolas dos ductos semicirculares. Devido ao fato de os ductos semicirculares de cada orelha estarem arranjados em ângulos retos entre si, o movimento em qualquer plano afeta a endolinfa em pelo menos um dos ductos. A ampola de cada ducto contém um grupo de células pilosas transversamente orientadas denominado **crista ampular**. Os pêlos de uma crista estão mergulhados em uma massa gelatinosa denominada **cúpula** (Fig. 17-21).

As células pilosas da crista em um ducto semicircular são deslocadas por movimentos rotatórios que ocorrem em um plano correspondente ao plano de seu canal semicircular. Quando a cabeça inicia a rotação, a inércia da endolinfa determina um ligeiro atraso no seu movimento. Assim, esse atraso produz um fluxo retrógrado de endolinfa no ducto e desloca a cúpula e os pêlos das células pilosas de sua posição normal. O deslocamento dos pêlos altera a estimulação dos neurônios a eles associados, e um padrão diferente de impulsos nervosos aferentes é transmitido para o SNC através da porção vestibular do nervo vestibulococlear. A endolinfa começa a se movimentar após superar a inércia, e se a rotação continua em uma velocidade constante, a endolinfa é movimentada na mesma velocidade, no interior do ducto semicircular. Sob estas condições, o padrão dos impulsos nervosos aferentes novamente se assemelha ao padrão normal e a sensação de movimento diminui.

Com a desaceleração, a cinética da endolinfa determina que ela pare depois que o ducto semicircular parou de se movimentar. Assim, a endolinfa flui pelo interior do ducto semicircular. Esse movimento para a frente desloca a crista na direção oposta àquela que se iniciou durante a aceleração e determina uma alteração no padrão dos impulsos nervosos aferentes. Conseqüentemente, as cristas proporcionam informações referentes a mudanças na velocidade de rotação (aceleração ou desaceleração), mas pequena informação durante períodos de rotação durante uma velocidade constante. As cristas também proporcionam informações referentes à *direção* da rotação. O movimento em uma direção aumenta a pressão sobre a cúpula de um determinado ducto semicircular de uma orelha e assim desloca as células pilosas na ampola daquele ducto. Ao mesmo tempo, a pressão sobre a cúpula no ducto semicircular correspondente da outra orelha é

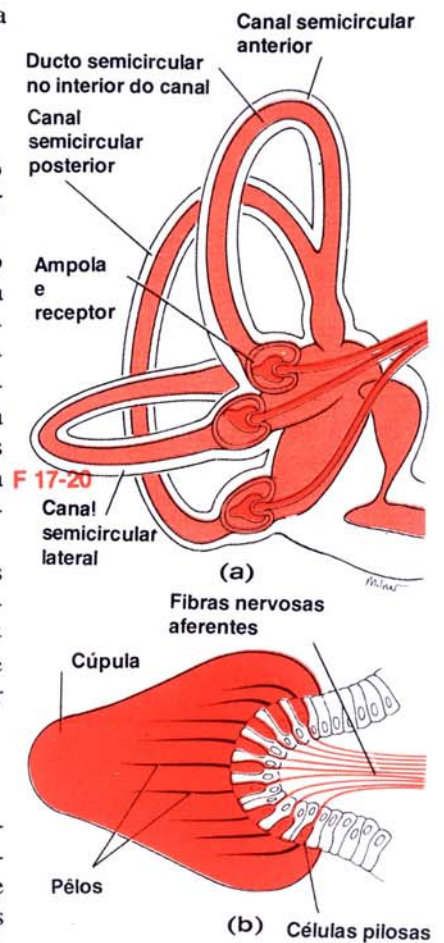


Figura 17-21
F 17-21 (a) Canais e ductos semicirculares. As ampolas dos ductos foram seccionadas e abertas para mostrar a localização dos receptores para equilíbrio (cristas), no seu interior. (b) Aumento de uma crista.

CONDIÇÕES DE IMPORTÂNCIA CLÍNICA

A Orelha

Infecções da Orelha Média (Otite Média)

Infecções da membrana mucosa da garganta podem percorrer as tubas auditivas e determinar inflamação da membrana mucosa que reveste a cavidade do tímpano, inclusive a face interna da membrana do tímpano. A inflamação pode determinar uma produção de líquido no interior da cavidade, interferindo temporariamente na capacidade auditiva.

Perda da Audição

Doenças ou lesões de alguma parte da orelha pode conduzir a alguma perda da capacidade de perceber sons, determinando uma surdez total ou parcial. Tais perdas de audição podem ser classificadas como sendo surdez condutiva ou surdez nervosa.

A *surdez condutiva* envolve interferências com a transmissão dos sons através da orelha externa ou orelha média. A causa da interferência pode incluir bloqueio físico do meato acústico externo por um objeto estranho ou ce-

rume compactado (cera do ouvido), inflamação da membrana do tímpano, adesões entre os ossículos ou espessamento da janela do vestíbulo (oval). Na surdez condutiva não ocorre lesão nas células receptoras do órgão espiral ou das vias nervosas. Aparelhos auditivos, que transmitem ondas sonoras para a orelha interna através do osso temporal mais do que pela orelha média, podem auxiliar um indivíduo com essa condição patológica.

Na *surdez nervosa*, a perda da audição resulta de distúrbios que afetam os receptores sonoros na orelha interna, o nervo vestibulococlear, ou as vias nervosas no SNC. Tais desarranjos podem ser determinados por uma série de fatores, inclusive infecção, tumores, e traumatismos. Até recentemente, aparelhos auditivos não têm auxiliado em casos de surdez nervosa porque a perda da audição envolve danos nas células receptoras ou nas vias nervosas. Todavia, avanços tecnológicos recentes têm resultado no desenvolvimento de inventos que podem auxiliar a audição mesmo em casos de surdez nervosa.

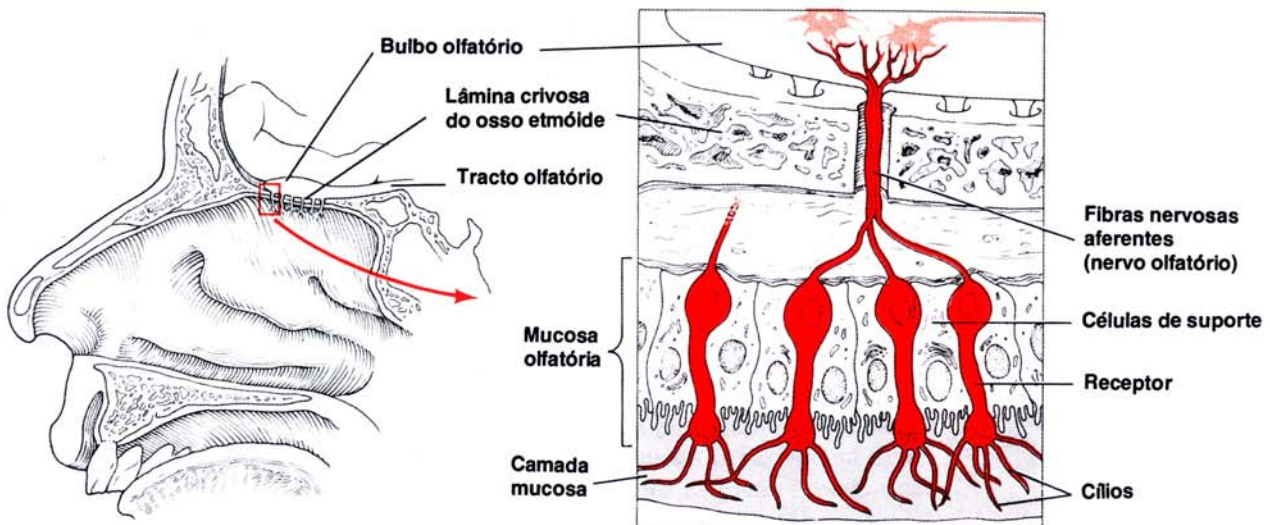
reduzida. Assim, o SNC recebe diferentes mensagens das duas cristas, tornando possível se determinar a direção da rotação.

ROMPIMENTO DO EQUILÍBRIO DINÂMICO O movimento contínuo da endolinfa para a frente nos ductos semicirculares após cessada a rotação da cabeça, pode produzir severas sensações de desorientação, incluindo-se vertigens, nistagmo e movimentos desajustados.

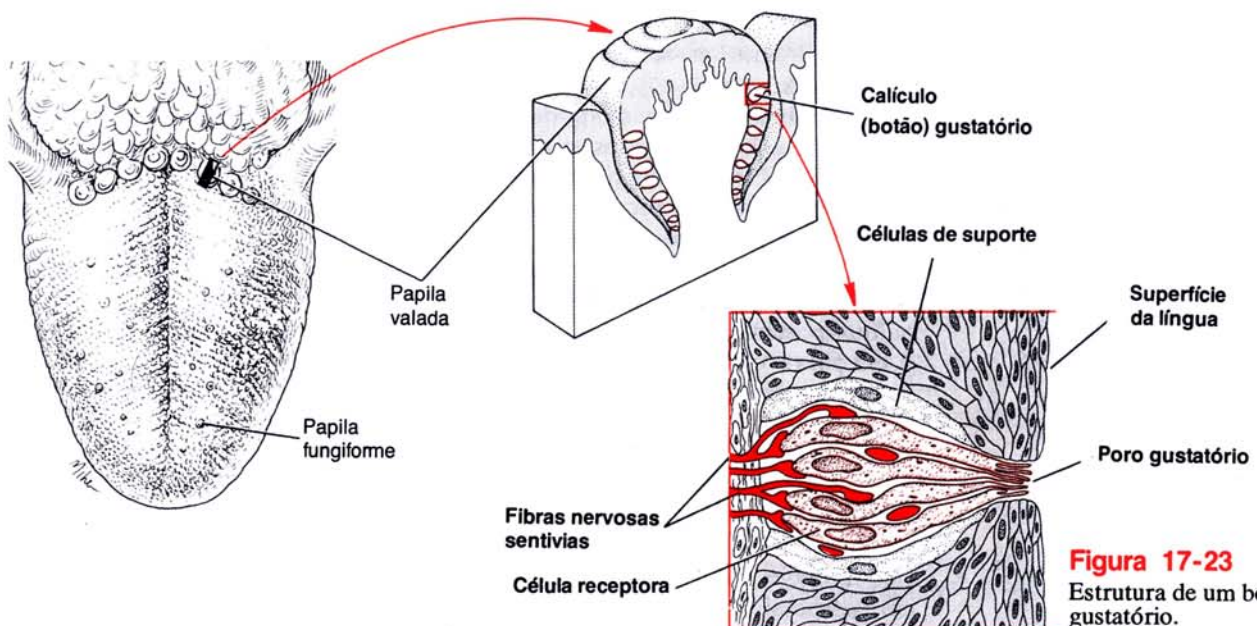
Nas *vertigens* (tonturas) um indivíduo experimenta uma ilusão de movimento, como uma sensação de rotação ou que o mundo está girando. A vertigem difere um pouco da tontura, que é acompanhada pela sensação de movimento no interior da cabeça, embora os dois termos sejam utilizados comumente como sinônimos. Tanto a vertigem como a tontura podem ser causadas por vários fatores, além da rotação do corpo.

O *nistagmo* é um movimento característico dos olhos que ocorre durante a aceleração rotacional do corpo. Uma vez que os olhos tendem a se fixar em um objeto durante a aceleração rotacional, eles podem se movimentar na direção oposta àquela em que a cabeça está se movendo. Esse movimento dos olhos é seguido por um rápido e espasmódico retorno dos olhos para a sua posição original. Os olhos então se fixam em outro objeto e o fenômeno do nistagmo é rapidamente repetido enquanto a aceleração rotacional continua. Se a aceleração é abruptamente estancada, o nistagmo ainda ocorre durante uns poucos segundos, com os olhos se movimentando na direção oposta à direção da rotação. Por causa da inércia da endolinfa no interior dos ductos semicirculares, os pêlos das cristas são rapidamente deslocados na direção oposta da qual eles foram deslocados durante a aceleração. Mesmo que o líquido pare de se mover, o encéfalo interpreta o padrão dos impulsos nervosos aferentes resultante desse deslocamento como um sinal de reversão da direção de rotação.

Após a rotação, uma pessoa normalmente apresenta dificuldades de se movimentar para a frente, em direção a um determinado ponto. Quanto mais a endolinfa continua se movimentando no interior dos canais semicirculares, o indivíduo recebe informações indicando que a rotação ainda está ocorrendo. Como conseqüência, o indivíduo tenta compensar a rotação movendo-se em direção a um ângulo oposto ao da direção da rotação imaginada. Conseqüentemente, o indivíduo se inclina e anda para um lado e não segue a direção pretendida.

**Figura 17-22**

Localização e estrutura dos receptores do olfato.

**Figura 17-23**

Estrutura de um botão gustatório.

Movimentos contínuos da endolinfa, particularmente durante movimentos verticais repetidos, produzem desagradáveis sensações de vertigem e náuseas em determinadas pessoas – em outras palavras, indisposição durante viagens. A maioria das pessoas, contudo, rapidamente se adaptam às sensações causadas pelas viagens.

ÓRGÃOS OLFATÓRIOS

Os receptores para cheiro (*olfação*) são neurônios especializados localizados no epitélio da mucosa nasal na porção superior da cavidade do nariz, em

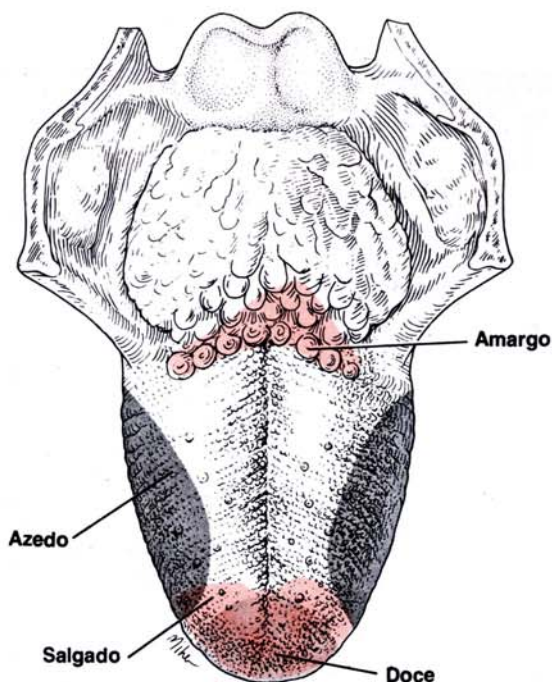


Figura 17-24

Áreas da língua que são mais sensíveis a determinadas sensações de gosto.

F 17-22

ambos os lados do septo do nariz (Fig. 17-22). Os neurônios receptores estão espalhados entre as células cilíndricas da membrana mucosa que servem como *células de suporte*.

As células receptoras olfatórias apresentam dois prolongamentos. Um deles exibe vários pêlos delgados, ou cílios, que se estendem para o interior da cavidade do nariz e estão mergulhados no revestimento mucoso da cavidade. O outro, junto com os prolongamentos similares dos outros receptores olfatórios, atravessa a lâmina crivosa do osso etmóide e penetra no **bulbo olfatório** no encéfalo, como componente dos **nervos olfatórios** (I nervo craniano). Nos bulbos olfatórios, esses prolongamentos trocam sinapse com neurônios que deixam os bulbos posteriormente como **tractos olfatórios**. Destes, as fibras nervosas seguem para o córtex do cérebro, na face medial dos lobos temporais.

Para que um odor seja detectado, ele deve atingir os receptores olfatórios. Normalmente, o ar que se movimenta pelo nariz não passa pela porção superior da cavidade do nariz, onde se localizam os receptores olfatórios; assim, as substâncias devem se difundir para aquela região. Esse procedimento pode ser ampliado por uma inalação forçada. Uma vez na região dos receptores, a substância odorífera se dissolve na camada mucosa que encobre os receptores e com eles interage. Essa interação despolariza o receptor, resultando na geração de um potencial de ação que pode iniciar impulsos nervosos que são conduzidos para o encéfalo, onde eles são interpretados como um determinado cheiro.

ÓRGÃOS DO GOSTO

Os receptores para gosto são denominados **cálculos (botões) gustatórios** (gemas gustatórias). A maioria deles está localizada na superfície ou nas papilas da língua, mas alguns são encontrados no teto da boca, na faringe e na laringe. Dois tipos de células são identificadas no interior de um botão gustatório. Essas células têm sido denominadas *células receptoras* e *células de suporte*. Embora esses nomes impliquem num papel funcional específico para cada tipo celular, não tem sido possível confirmar as diferenças funcionais. De fato, há evidências que os dois tipos de células são realmente diferentes estágios no desenvolvimento de um único tipo de célula. As microvilosidades das porções superiores das células receptoras se estendem por um pequeno poro (**poro gustatório**) em

direção à superfície do botão (Fig. 17-23). Essa posição permite que ele seja banhado pelos líquidos da cavidade da boca.

Fibras nervosas sensitivas contactam-se com as células receptoras dos botões gustatórios. Uma única fibra nervosa pode conectar-se com vários receptores diferentes, e um único receptor pode apresentar várias fibras nervosas diferentes conectando-se a ele. Essas fibras rumam para o tronco do encéfalo, via nervo facial (a partir dos 2/3 anteriores da língua), nervo glossofaríngeo (a partir do 1/3 posterior) e nervo vago (a partir de poucas fibras da região faríngea). Os axônios nesses nervos cranianos trocam sinapse no tronco encefálico com neurônios internunciais que atravessam para o lado oposto e correm pelo lemnisco medial para o tálamo. Neste, os neurônios internunciais trocam sinapse com neurônios que são conduzidos à área do córtex somatossensitivo referente à língua, no giro pós-central do lobo parietal.

Para uma substância desencadear uma sensação de gosto, ela deve ser dissolvida nos líquidos que banham a língua e então interagir com as células receptoras dos botões gustativos. Quatro tipos específicos de gosto podem tradicionalmente ser identificados – *doce*, *salgado*, *amargo* e *azedo* – cada qual sendo melhor detectado em regiões específicas da língua (Fig. 17-24).

F 17-24

Todavia, parece que não há uma correspondente especificidade dos tipos de células receptoras para gosto. Isto é, uma célula receptora pode responder a uma variedade de diferentes substâncias que pertencem a mais de uma categoria específica de gosto.

As células receptoras têm sido descritas como possuindo vários tipos diferentes de locais receptores que podem formar combinações livres com diferentes tipos de moléculas. A formação dessas combinações despolariza a célula receptora, estabelecendo a geração de um potencial que pode finalmente resultar em potenciais de ação nas fibras nervosas sensitivas que se unem às células receptoras. Assim, a sensação de um determinado gosto é um fenômeno complexo envolvendo atividades relativas e padrões de descarga de um diferente número de neurônios sensitivos, e de uma variedade de diferentes receptores celulares. O sentido do gosto está intimamente associado com o sentido da olfação, e muito do que é considerado ser gosto, era na realidade relacionado ao estímulo dos receptores olfatórios. Esse fato é particularmente evidente quando um indivíduo pega um resfriado que produz uma congestão da mucosa nasal que bloqueia o estímulo olfatório. Sob tais condições, o indivíduo freqüentemente relata a incapacidade para o gosto da alimentação, mesmo sem prejuízo dos botões gustatórios.

RESUMO

O OLHO - VISÃO pp. 455-467

DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DO OLHO

1. Projeções da parte lateral do diencéfalo formam as vesículas ópticas; cada uma se invagina, formando cálice óptico, que se transforma em retina.
2. Pedúnculo óptico é incorporado ao nervo óptico.
3. Ectoderma sobre a taça óptica se espessa em um placóide da lente; o placóide se desenvolve em vesícula da lente, que posteriormente se separa do ectoderma, formando a lente (cristalino) do olho adulto.
4. A córnea se forma das células superficiais às células da lente.
5. Células mesenquimais formam as túnicas fibrosa e vascular do olho.

ESTRUTURA DO OLHO

TÚNICA FIBROSA camada externa

Esclera posterior; branca; tecido conjuntivo denso; protege o olho e mantém a sua forma.

Córnea anterior; transparente; permite a passagem da luz.

TÚNICA VASCULAR abaixo da túnica fibrosa.

Coróide posterior; escura; apresenta grande quantidade de vasos sanguíneos.

Corpo ciliar ao redor da margem da córnea; apresenta músculo ciliar (liso) orientado em três direções; produz o humor aquoso.

Íris anterior; diafragma muscular liso; pigmentação responsável pela coloração do olho.

Pupila abertura circular no centro da íris através da qual a luz passa em direção ao interior do olho.

RETINA a camada mais interna do olho (túnica interna); consiste de um estrato pigmentado (externo) e um estrato nervoso (interno).

Estrato pigmentado (camada pigmentada) composto por células epiteliais em contato com a coróide.

Estrato nervoso (camada de tecido nervoso) contém fotorreceptores – cones e bastonetes.

Nervo óptico a área da sua saída do olho é o ponto cego (disco do nervo óptico).

Mácula localizada no pólo posterior do olho; no seu centro encontra-se a fóvea central, com alta concentração de cones.

LENTE auxilia na focalização da luz sobre a retina; relativamente elástica; estrutura biconvexa.

CAVIDADES E HUMORES a lente separa o olho em duas cavidades: anterior (contém humor aquoso) e posterior (contém humor vítreo).

ESTRUTURAS ACESSÓRIAS DO OLHO

PÁLPEBRAS anteriores, revestidas por pele; proporcionam proteção e formam um tabique contra a luz; controlada por músculos estriados esqueléticos (orbicular do olho e levantador da pálpebra superior).

CONJUNTIVA membrana mucosa que forra a face interna das pálpebras e a superfície do olho.

APARELHO LACRIMAL inclui a glândula lacrimal e ductos associados; a glândula produz lágrimas.

MÚSCULOS EXTRÍNSECOS DO OLHO músculos retos: lateral, medial, superior e inferior; músculos oblíquos; superior e inferior. Músculos de ação rápida, entre os mais precisamente controlados dos músculos estriados esqueléticos.

MEIOS DE REFRAÇÃO DO OLHO os raios luminosos são refratados quando passam por meios de diferentes densidades ópticas.

FOCALIZAÇÃO DE IMAGENS NA RETINA envolve quatro processos:

1. *Refração:* os raios luminosos são desviados (curvados) quando eles passam pela córnea e pela lente.
2. *Acomodação:* objetos mais próximos que 6 m são focados na retina por acomodação; determinada pelo músculo ciliar que permite mudanças na forma da lente.
3. *Constricção:* a diminuição do diâmetro da pupila previne a entrada de raios divergentes no olho.
4. *Convergência:* os olhos se voltam para medial quando observam objetos próximos; determina a incidência da imagem na fóvea da retina.

VISÃO BINOCULAR sobreposição do campo visual de ambos os olhos; fundamental para a noção de profundidade.

FOTORRECEPTORES DA RETINA

BASTONETES respostas indicam graus de luminosidade mas não de cores; contêm rodopsina; são numerosos na periferia da retina.

CONES percebem cores; alguns sensíveis para o vermelho, outros para o verde, outros para o azul; concentrados no centro da retina, e no interior da fóvea.

ELEMENTOS NERVOSOS DA RETINA a porção média da retina apresenta neurônios bipolares; a porção profunda apresenta células ganglionares; processos das células ganglionares formam o nervo óptico.

VIAS DA VISÃO

QUIASMA ÓPTICO neurônios da metade medial de cada retina cruzam a linha mediana.

TRAJETOS ÓPTICOS do quiasma óptico para os colículos superiores ou corpos geniculados laterais.

RADIAÇÕES ÓPTICAS dos corpos geniculados laterais para o córtex visual do encéfalo.

CONDIÇÕES DE IMPORTÂNCIA CLÍNICA: O OLHO pp. 467-468

MIOPIA

1. Raios luminosos de objetos distantes focalizados anteriormente à retina.
2. Corrigida por lentes côncavas.

HIPERMETROPIA

1. Objetos distantes focalizados posteriormente à retina.
2. Corrigida por lentes convexas.

ASTIGMATISMO curvatura inadequada de porções do sistema refrativo (refringente) do olho.

CATARATA opacificação da lente.

GLAUCOMA aumento da pressão intra-ocular.

CEGUEIRA PARA CORES ausência ou quantidade inadequada de fotopigmentos nos cones.

EFEITOS DO ENVELHECIMENTO SOBRE O OLHO

1. A lente se torna amarelada devido à exposição aos raios ultravioleta.
2. Pode desenvolver catarata.
3. A pupila se torna menos propensa a se dilatar, resultando na diminuição de luz que atinge os fotorreceptores.
4. Drenagem pobre do humor aquoso aumenta a probabilidade de glaucoma.
5. Fragmentos dos cones e bastonetes podem determinar a perda da acuidade visual.
6. Lente perde elasticidade, levando ao desenvolvimento da *presbiopia*.

A ORELHA – AUDIÇÃO E EQUILÍBRIO pp. 468-481

DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DA ORELHA

1. Placa de espessamento de ectoderma (placode ótica se invagina, formando a escavação ótica; a escavação se separa da superfície da ectoderma para se tornar vesícula ótica; forma o labirinto membranáceo da orelha interna.
2. Parte da primeira bolsa faríngea forma a tuba auditiva.
3. Células mesenquimais na cavidade do tímpano formam os três ossículos.
4. O sulco branquial exteriormente situado em relação à primeira bolsa faríngea forma o meato acústico externo.
5. A membrana timpânica se desenvolve da membrana que separa a primeira bolsa faríngea e o correspondente sulco branquial.

ESTRUTURA DA ORELHA

ORELHA EXTERNA

Orelha (pavilhão) direciona ondas sonoras para o meato acústico externo.

Meato acústico externo apresenta pêlos e cerume; atua como um ressoador.

ORELHA MÉDIA câmara de ar no osso temporal; se estende da membrana do tímpano até a janela do vestíbulo (oval).

Tuba auditiva regula a pressão na orelha média.

Ossículos (martelo, bigorna, estribo) transmitem e ampliam as vibrações da membrana do tímpano para a janela do vestíbulo).

ORELHA INTERNA uma série de canais (labirinto ósseo) preenchidos por perilinfa, contendo o labirinto membranáceo, que está preenchido por endolinfa.

Vestíbulo sáculo e utrículo; associado com o equilíbrio estático (posição da cabeça).

Canais semicirculares associados com o equilíbrio dinâmico (movimento da cabeça).

Cóclea porção da orelha interna relacionada com a audição; órgão espiral.

MECANISMOS DA AUDIÇÃO

TRANSMISSÃO DAS ONDAS SONORAS PARA A ORELHA INTERNA

1. Ondas sonoras penetram no meato acústico externo e determinam a vibração da membrana do tímpano.
2. Ossículos transportam as vibrações da membrana do tímpano para a janela do vestíbulo (oval).

FUNÇÃO DA CÓCLEA

1. Vibrações da membrana do tímpano são transmitidas através da endolinfa do ducto coclear, que vibra reações específicas da membrana basilar.
2. Movimento dos pêlos no órgão espiral gera impulsos nervosos aferentes na divisão coclear do VIII nervo craniano.

PERCEPÇÃO DO SOM NO ENCÉFALO fibras nervosas das células pilosas do órgão espiral levam impulsos para o córtex do lobo temporal do encéfalo.

BALANÇO E EQUILÍBRIO

EQUILÍBRIO ESTÁTICO (POSIÇÃO DA CABEÇA)

receptores localizados no sáculo e no utrículo; mudanças na direção da força de gravidade sobre a mácula significam mudanças na posição da cabeça.

EQUILÍBRIO DINÂMICO (MOVIMENTO DA CABEÇA)

CA) receptores localizados nas ampolas dos canais semicirculares; devido à inércia da endolinfa, as células pilosas (crista) são deslocadas por acelerações ou desaceleração da cabeça.

CONDIÇÕES DE IMPORTÂNCIA CLÍNICA: A

ORELHA p. 480

INFECÇÕES DA ORELHA MÉDIA (OTITE MÉDIA)

inflamação da membrana mucosa da orelha média.

PERDA DA AUDIÇÃO

SURDEZ CONDUCTIVA interferência na transmissão das ondas sonoras por bloqueios físicos, inflamação da membrana do tímpano, adesão dos ossículos, ou espessamento da janela do vestíbulo (oval).

SURDEZ NERVOUSA perda da audição envolvendo lesão das células sensitivas ou vias nervosas.

ÓRGÃOS OLFATÓRIOS

pp. 481-482

1. Receptores são neurônios na mucosa da parte superior da cavidade do nariz.
2. Substâncias odoríferas devem se dissolver na camada mucosa que recobre os receptores e então interagem com os receptores.
3. Despolarização dos receptores inicia impulsos nervosos que são conduzidos para o cérebro (pelo nervo craniano I), onde são interpretados como olfato.

ÓRGÃOS DO GOSTO

pp. 482-483

1. Receptores estão em botões gustatórios na língua, raiz da língua, faringe, laringe.
2. Gosto intimamente associado com o sentido do olfato.