

SISTEMA NERVOSO: ORGANIZAÇÃO E COMPONENTES

13

A sobrevivência de organismos multicelulares depende de alguma forma, da regulação e coordenação das atividades de suas células. Se não houvesse coordenação, cada célula funcionaria de acordo com sua programação genética – indiferentemente às funções que outras células estariam realizando. Na melhor das hipóteses, uma organização a esmo poderia ser ineficiente; e na pior, ela provavelmente seria fatal. O organismo humano, composto por bilhões de células, possui dois sistemas que atuam principalmente como meios de *comunicação interna* entre as células: o sistema nervoso e o sistema endócrino.

Por causa da cooperação entre os dois sistemas no sentido de fornecer comunicações entre os sistemas do corpo, eles podem ser encarados como redes intimamente associadas que operam juntas para assegurar uma função adequada ao organismo. Monitorando e controlando a maneira pela qual as diversas funções do corpo se interrelacionam, os sistemas nervoso e endócrino contribuem na manutenção da homeostase do corpo. O sistema nervoso será abordado do capítulo 13 ao 17, e o endócrino, no capítulo 18.

As células do sistema nervoso levam mensagens sob a forma de **impulsos nervosos**. Esses impulsos frequentemente se originam no interior das células nervosas como resultado da atividade de estruturas sensitivas denominadas **receptores**. Os receptores são ativados por mudanças nos meios interno e externo do corpo. As mudanças que ativam os receptores são denominadas **estímulos**. Como resultado da atividade do receptor, os impulsos nervosos se iniciam nas **células nervosas sensitivas**. Esses impulsos são transportados pelas células nervosas sensitivas até a medula espinal e o encéfalo. Neles, outras células nervosas podem ser ativadas e conduzem os impulsos nervosos para várias regiões dessas estruturas. Finalmente, os impulsos nervosos são levados pelas **células nervosas motoras** desde o encéfalo e a medula espinal até locais específicos, como respostas à mudanças do meio, ativando seletivamente vários **efetuadores** (Fig. 13-1). Os efetuadores capazes de responderem aos impulsos nervosos incluem as células musculares e as células secretoras de glândulas e órgãos. Além de responder a estímulos do meio, o sistema nervoso humano possui a capacidade de integrar e armazenar as informações recebidas, proporcionando desta forma, capacidade de memória, raciocínio abstrato e formação de conceitos.

F 13-1

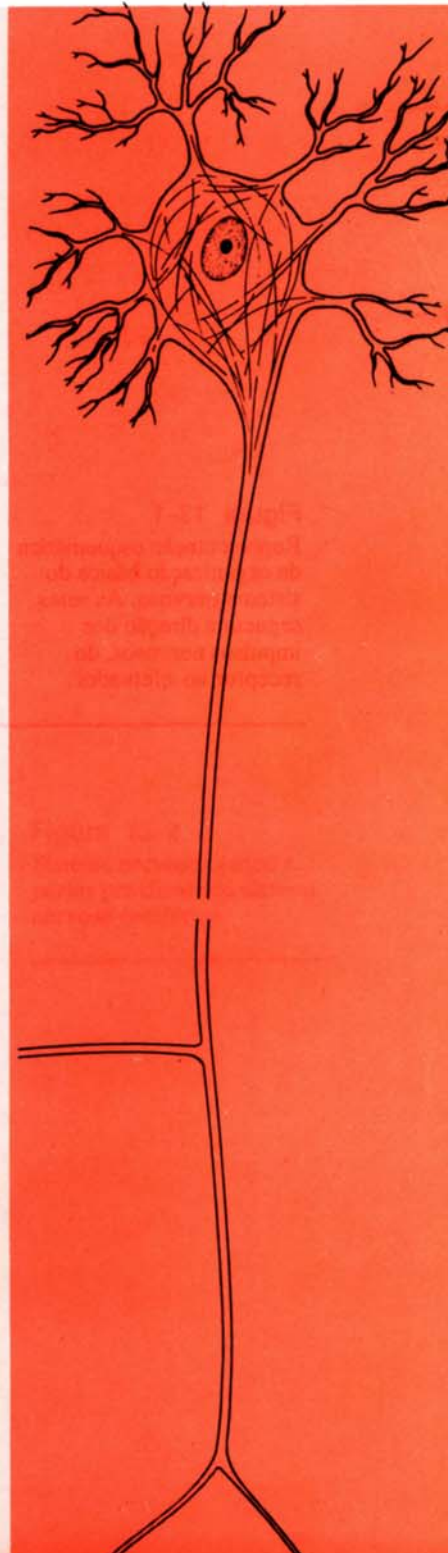
ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA NERVOSO

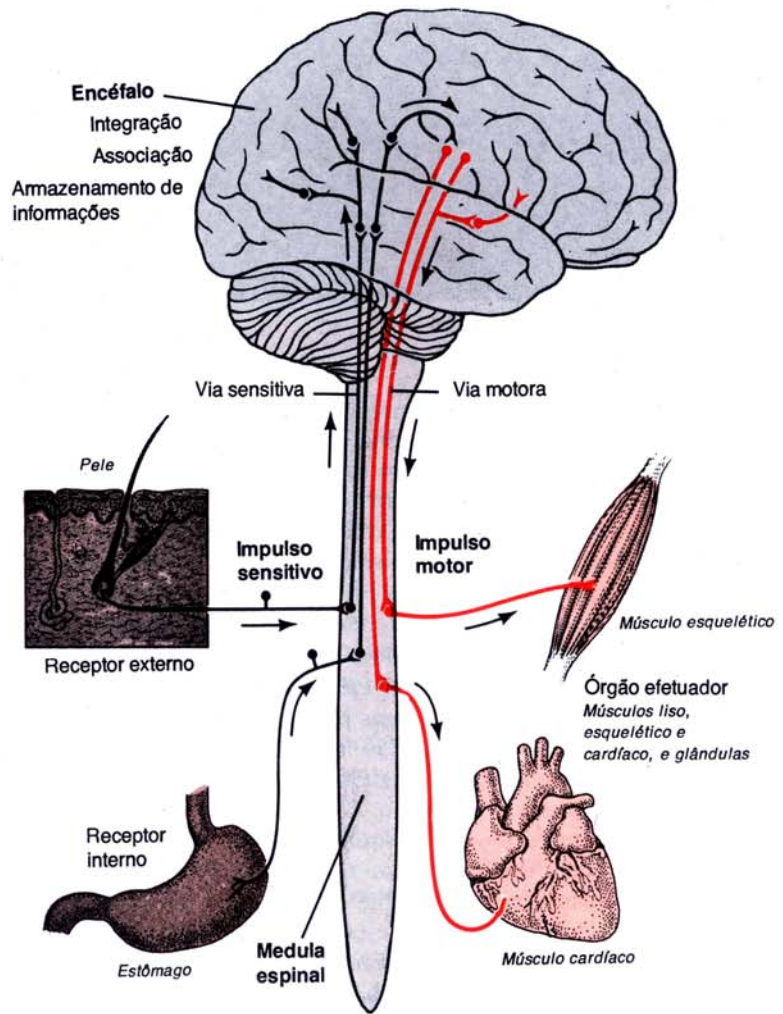
Muito embora exista apenas um sistema nervoso, ele pode ser separado em várias partes, baseando-se em características funcionais e de localização. Deve-se ter em mente todavia, que essas divisões – todas elas denominadas *sistema nervoso* – são partes integrantes de um único sistema nervoso. Estruturalmente, o sistema nervoso pode ser dividido em duas partes: o *sistema nervoso central* e o *sistema nervoso periférico* (Fig. 13-2).

F 13-2

Sistema Nervoso Central

O **sistema nervoso central** (SNC) consiste do encéfalo e da medula espinal.



**Figura 13-1**

Representação esquemática da organização básica do sistema nervoso. As setas seguem a direção dos impulsos nervosos, do receptor ao efetador.

nal. Ele está completamente envolvido por estruturas ósseas – o encéfalo na cavidade craniana e a medula espinhal no canal da coluna vertebral. O sistema nervoso central é o *centro integrador e controlador* do sistema nervoso. Ele recebe impulsos sensitivos do sistema nervoso periférico e formula respostas para esses impulsos.

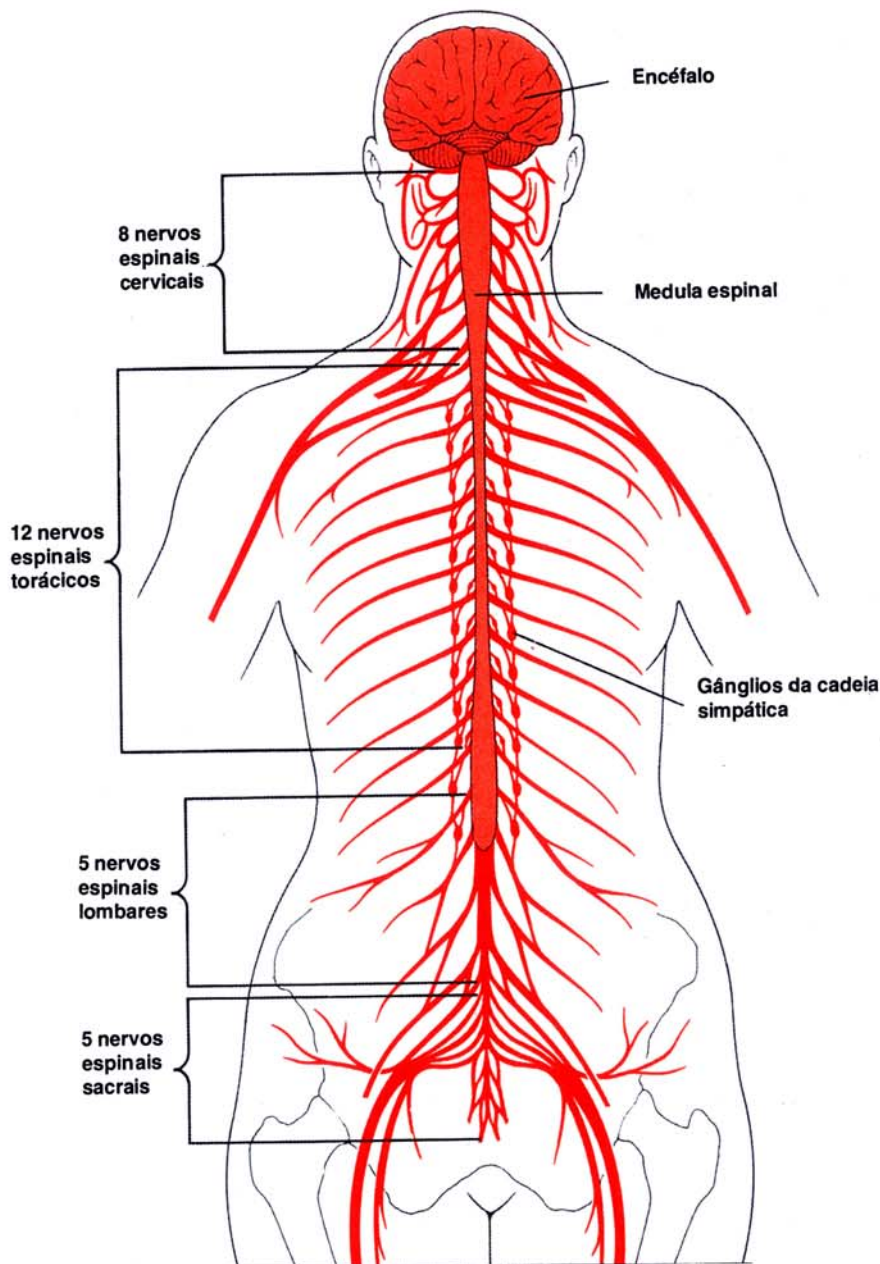
Sistema Nervoso Periférico

O **sistema nervoso periférico** (SNP) está formado por todas as estruturas localizadas fora do sistema nervoso central. Especificamente:

- 1 **Nervos** que conectam as partes do corpo e seus receptores com o sistema nervoso central.
- 2 **Gânglios** (grupos de corpos de células nervosas) associados aos nervos.

O sistema nervoso periférico inclui 12 pares de **nervos cranianos**, que se originam do cérebro e do tronco do encéfalo, e que deixam a cavidade do crânio através de forames do crânio, e 31 pares de **nervos espinais**, que se originam da medula espinhal e deixam o canal vertebral através dos forames intervertebrais. Os pares de nervos espinais incluem 8 cervicais, 12 torácicos, 5 lombares, 5 sacrais e 1 nervo coccígeo (Fig. 13-2). O sistema nervoso periférico pode ser funcionalmente dividido em um componente *aférente* (sensitivo) e um componente *eferente* (motor).

F 13-2

**Figura 13-2**

Sistema nervoso central e partes proximais do sistema nervoso periférico.

Componente Aferente

O **componente aferente** inclui células nervosas *sensitivas somáticas*, que levam impulsos ao sistema nervoso central a partir de receptores localizados na pele, fáscia, e ao redor das articulações, e células nervosas *sensitivas viscerais*, que levam impulsos das vísceras do corpo para o sistema nervoso central.

Componente Eferente

O **componente eferente** está dividido em *sistema nervoso somático* e *sistema nervoso autônomo*:

- 1 O **sistema nervoso somático** também é denominado **sistema nervoso voluntário** por que a sua função motora pode ser controlada conscientemente. Ele inclui células nervosas **motoras somáticas**, que levam impulsos do sistema nervoso central para os músculos estriados esqueléticos. Os impulsos que transitam por essas células, determinam contrações dos músculos estriados esqueléticos. As contrações musculares que são comandadas pelo sistema nervoso somático podem se realizar sob controle consciente do indivíduo, ou, nos casos de respostas reflexas, podem ser controladas em nível inconsciente.

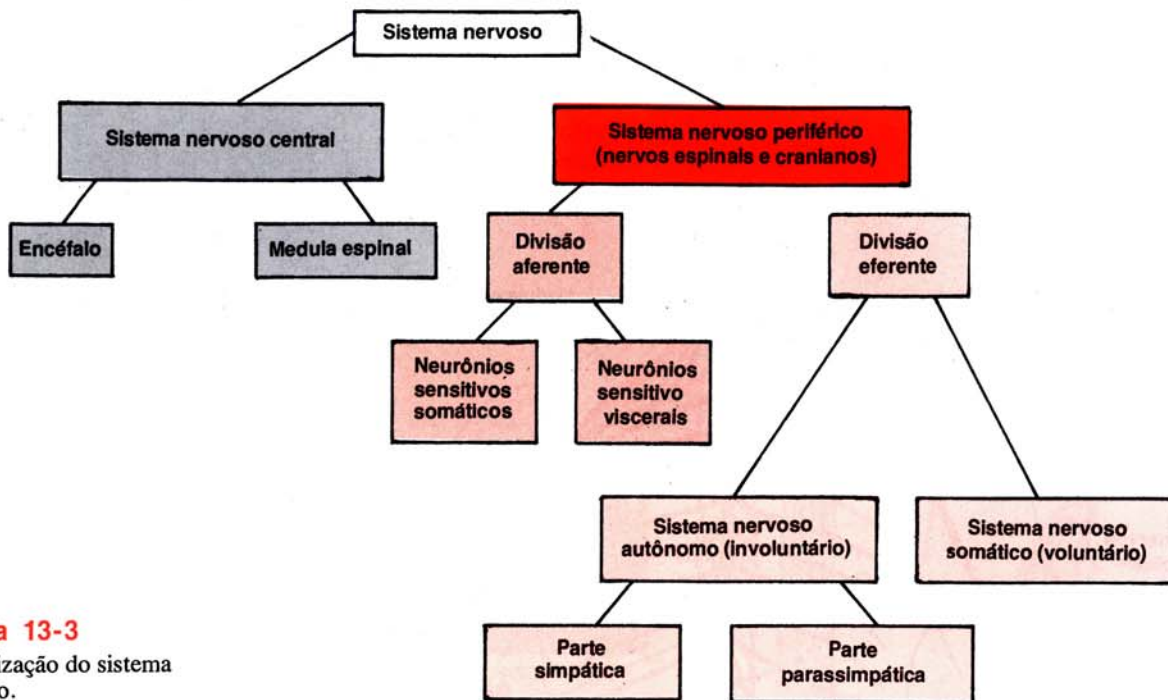


Figura 13-3

Organização do sistema nervoso.

2 O **sistema nervoso autônomo** – ou **sistema nervoso involuntário** – ao contrário do sistema nervoso somático, está composto por células nervosas *motoras viscerais*, que transmitem impulsos para músculos cardíaco, liso, e glândulas. Os impulsos motores viscerais normalmente não podem ser controlados conscientemente.

O sistema nervoso autônomo pode ser funcionalmente subdividido em parte **simpática** e **parassimpática**, que serão estudadas no capítulo 16. Como abordado anteriormente, os “sistemas” nervosos somático e autônomo são na realidade, divisões de um sistema nervoso único. Além disso, embora os neurônios desses sistemas sejam considerados como partes do sistema nervoso periférico, eles estão sob controle de centros localizados no sistema nervoso central. A organização do sistema nervoso está resumida na Figura 13-3.

F 13-3

DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DO SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso se desenvolve a partir de células do ectoderma que, na segunda semana de gestação, formam uma superfície plana e espessa na região dorsal do embrião. Esse espessamento chamado **placa neural**, origina todas as células nervosas do sistema nervoso. As células na placa neural também originam a maior parte das células suporte do sistema nervoso (**células da neuroglia**). Com o desenvolvimento, a linha mediana da placa neural sofre uma invaginação. Ao mesmo tempo, a proliferação de células ao longo das margens da placa neural, produzem elevações. O resultado é a formação do **sulco neural** limitado em toda sua extensão pela **pregas neurais** (Fig. 13-4). O sulco neural se aprofunda a medida que as pregas neurais se elevam. Desta maneira, as pregas se aproximam e se fundem na linha mediana, convertendo o sulco em um

F 13-4

F 13-5

tubo neural (Fig. 13-5). O tubo neural se separa da superfície do ectoderma, e se desenvolve posteriormente em encéfalo e medula espinal. Além disso, as

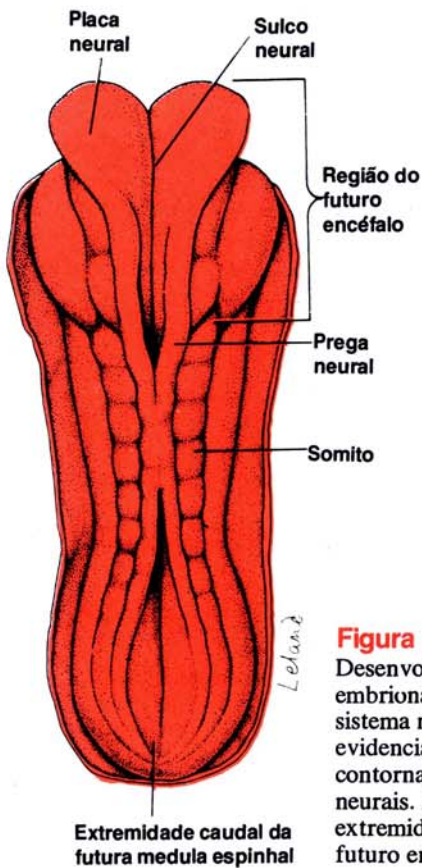


Figura 13-4
Desenvolvimento embrionário primitivo do sistema nervoso central evidenciando o sulco neural contornado por pregas neurais. A ampla região na extremidade anterior é o futuro encéfalo.

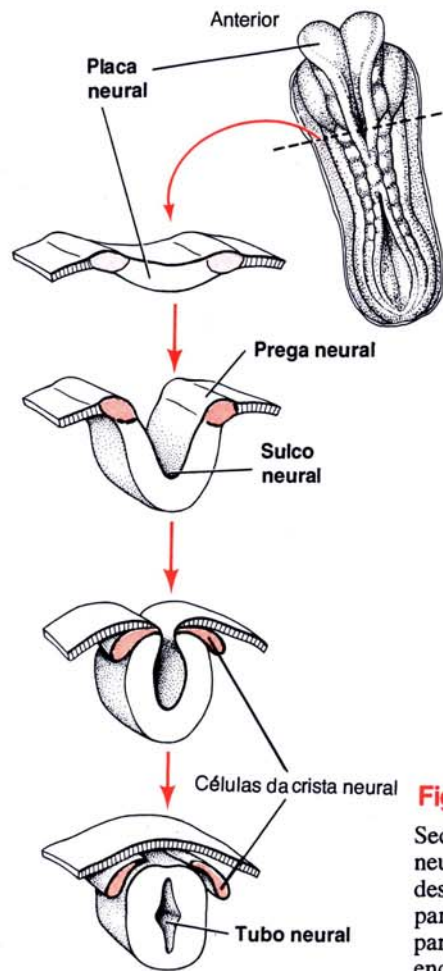


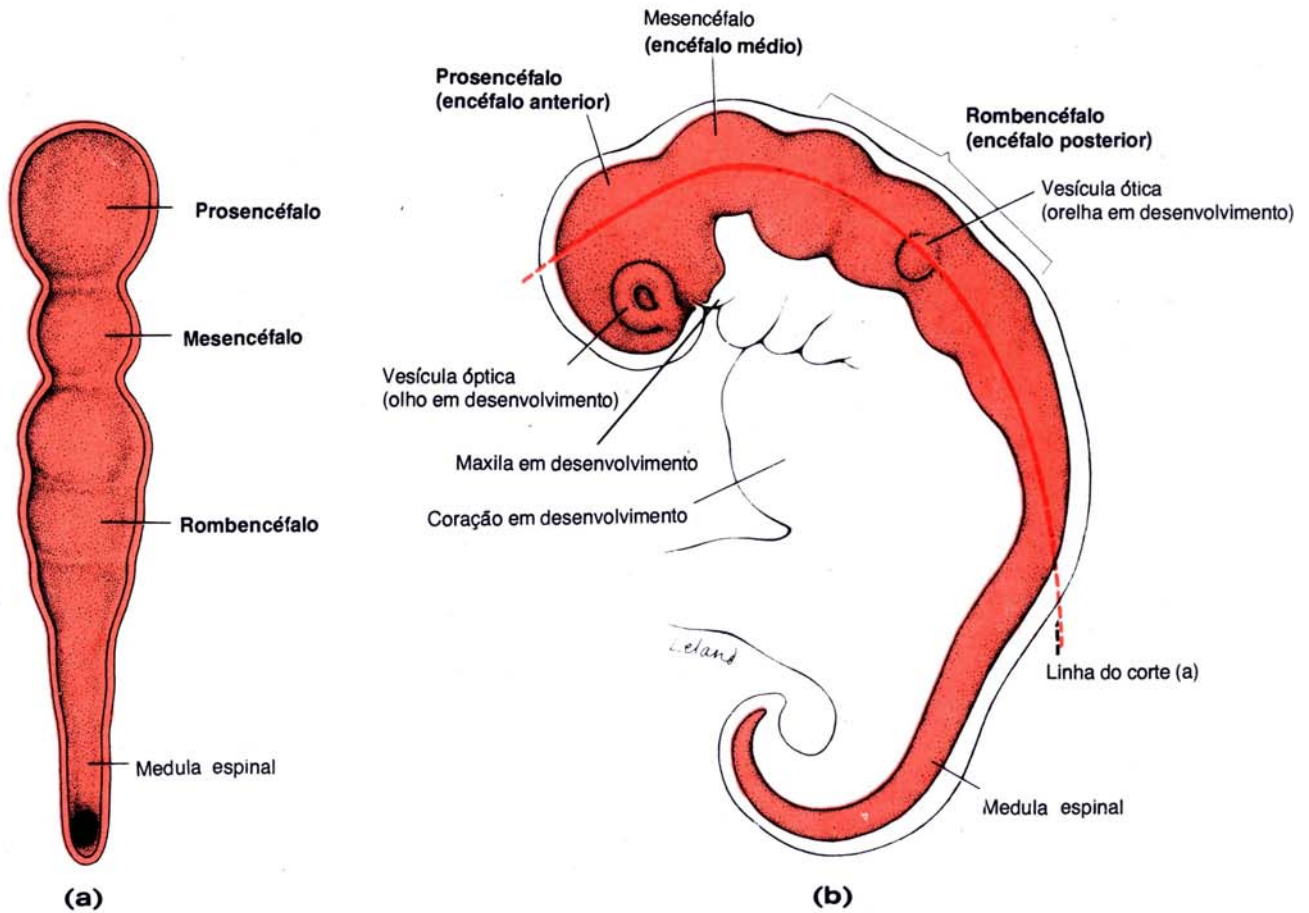
Figura 13-5
Secção transversal da placa neural mostrando seu desenvolvimento progressivo para sulco neural e depois para tubo neural (futuro encéfalo e medula espinhal).

células do interior do tubo neural, enviam processos às estruturas periféricas. Essas células e seus processos formam as células nervosas motoras dos sistemas nervosos somático e visceral (autônomo). Enquanto as pregas neurais estão se fundindo, as células do ectoderma existentes no ápice das pregas se movem lateralmente para formarem colunas de células em cada lado do tubo neural. As células nessas colunas são denominadas **células da crista neural**. Essas células desenvolvem conexões com o sistema nervoso central e com as estruturas periféricas, formando dessa maneira as células nervosas sensitivas contidas no interior dos nervos espinhais e cranianos. Algumas células da crista neural migram para outros locais e se desenvolvem em células nervosas motoras do sistema nervoso simpático; em leucócitos que envolvem as células nervosas; ou em outras estruturas não relacionadas diretamente com o sistema nervoso.

A porção anterior do tubo neural cresce mais rapidamente e origina o encéfalo. Em torno da quarta semana de gestação, o encéfalo apresenta a forma de três vesículas preenchidas por líquido: o **prosencefalo (encéfalo anterior)**; o **mesencefalo (encéfalo médio)**, e o **rombencefalo (encéfalo posterior)** (Fig. 13-6). Durante o desenvolvimento subsequente, essa região sofre várias curvaturas ou flexuras e as vesículas então se subdividem. Como resultado, em torno da quinta semana o encéfalo consiste de cinco vesículas que se curvam firmemente entre si, em direção à extremidade anterior do embrião (Fig. 13-7). O prosencefalo se subdivide em duas vesículas: uma anterior, o **telencefalo**, e logo atrás dela, o **diencefalo**. O mesencefalo permanece inalterado, mas o rombencefalo se divide em **metencefalo** e **mielencefalo**, a vesícula mais posterior do encéfalo. As cavidades nessas vesículas encefálicas tornar-se-ão os ventrículos

F 13-6

F 13-7

**Figura 13-6**

Divisões do encéfalo embrionário primitivo (três a quatro semanas) em prosencéfalo, mesencéfalo e rombencéfalo. (a) Vista frontal. (b) Vista lateral.

do encéfalo adulto, e o líquido em seu interior, o **líquido cerebrospinal**. O desenvolvimento do encéfalo será abordado no capítulo 14. A região do tubo neural, posterior ao mielencéfalo originará a medula espinal. O desenvolvimento da medula espinal também será abordado no capítulo 14.

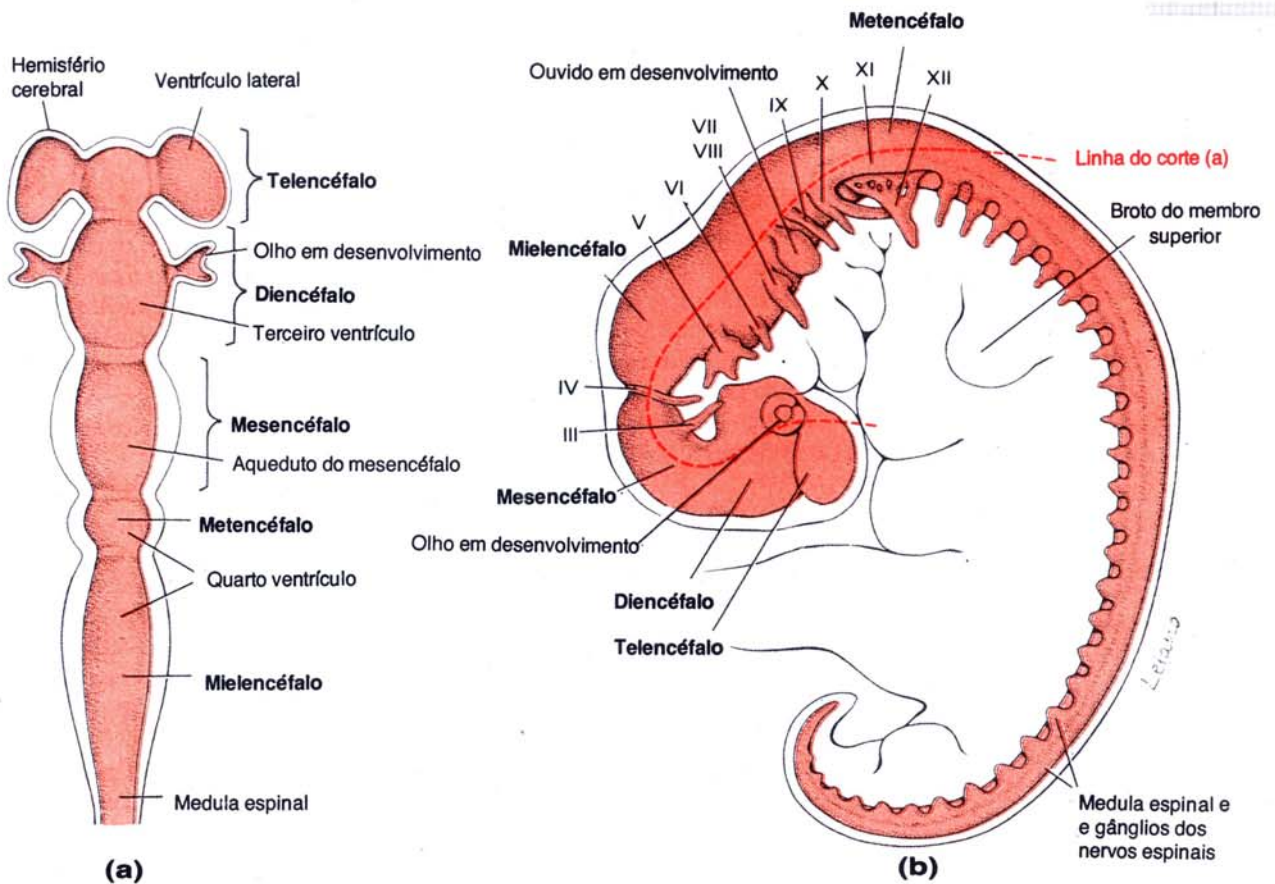
COMPONENTES DO SISTEMA NERVOSO

O tecido nervoso está constituído por três tipos de células que são diferentes estrutural e funcionalmente: (1) **neurônios (células nervosas)**, que transmitem impulsos nervosos; (**lemócitos**) que formam um envoltório segmentado ao redor dos processos de vários neurônios do sistema nervoso periférico; e **neurógliia (células gliais)**, que se especializam como um tecido de suporte entre os neurônios do sistema nervoso central.

Os nervos do sistema nervoso periférico, são constituídos por neurônios e lemócitos (células de Schwann), e os tractos do encéfalo e da medula espinal são formados por neurônios e células da glia. No sistema nervoso periférico alguns neurônios estão intimamente associados a receptores.

Neurônios

O neurônio (célula nervosa) é o componente fundamental estrutural e funcional do sistema nervoso. Ele possui a capacidade de responder a estímulos originando e conduzindo sinais elétricos. Algumas outras células, tais como as fibras musculares, também são capazes de conduzir sinais elétricos, mas a forma única das células nervosas as tornam mais especialmente apropriadas, para servir como um comunicador. Os neurônios apresentam processos que podem

**Figura 13-7**

Desenvolvimento embrionário posterior do encéfalo (cinco semanas) em telencéfalo, diencéfalo, mesencéfalo, metencéfalo e mielencéfalo. (a) Seção frontal. (b) Vista lateral. Os números em algarismo romano indicam os nervos cranianos.

ser bem longos. Desta maneira, um único neurônio – isto é, uma simples célula – se estende desde a medula espinhal até o hálux.

Neurônios maduros são incapazes de sofrerem mitose. Por esta razão, uma vez completado o desenvolvimento embrionário, as células nervosas não podem ser repostas quando morrem ou são destruídas. Todavia, sob condições apropriadas, os prolongamentos periféricos dos neurônios que foram lesionados ou seccionados podem ser reparados ou regenerados, restabelecendo desta maneira, o suprimento nervoso para as estruturas afetadas.

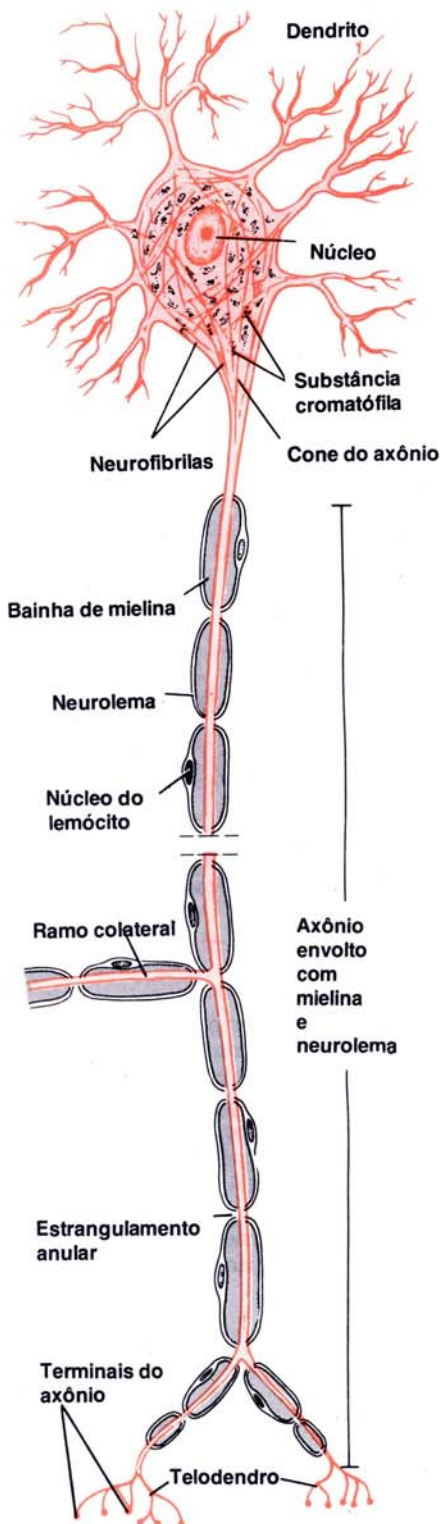
Estrutura de um Neurônio

Cada neurônio está formado por um **corpo celular** (*soma* ou *pericário*) e um ou mais prolongamentos contendo citoplasma que partem do corpo celular (Fig. 13-8). No interior do citoplasma do corpo celular existe um grande núcleo contendo um nucléolo proeminente. Como na maioria das células, o citoplasma dos neurônios também apresenta um aparelho de Golgi. Além disso, o citoplasma contém uma substância escura, a **substância cromófila** (corpos de Nissl) e fibrilas delgadas, denominadas **neurofibrilas**. Em microscopia eletrônica, a substância cromófila aparece como camadas paralelas de retículo endoplasmático rugoso, e as neurofibrilas são observadas compostas por microfilamentos. Microtúbulos também estão presentes. Admite-se que as fibrilas servem de suporte para a célula, enquanto os microtúbulos podem estar envolvidos em transporte de materiais no interior da célula.

F 13-8

Localização dos Corpos Celulares Neurais

Os corpos celulares neuronais de muitos neurônios estão localizados no sistema nervoso central, muito embora exista uma grande quantidade deles localizada no sistema nervoso periférico. Os corpos celulares do sistema nervoso



F 13-9a

Figura 13-8

Estrutura de um neurônio motor típico.

F 13-9b

F 13-9c

central tendem a se localizar em agrupamentos denominados *núcleos*. (Note que o uso deste termo, não possui relação com o núcleo de uma célula). Um núcleo ou grupo de núcleos cujos neurônios possuem funções relacionadas entre si, é conhecido como um **centro**. Os corpos celulares neuronais localizados fora do sistema nervoso central, isto é, no sistema nervoso periférico, são observados em grupos denominados **gânglios**.

Prolongamentos dos Neurônios

Os prolongamentos associados com um neurônio são extensões muito finas dessas células. Existem basicamente dois tipos de prolongamentos: os *dendritos* e os *axônios*. De acordo com a terminologia clássica, dendritos são processos neuronais que conduzem sinais elétricos *para* o corpo celular; um axônio (o qual existe apenas um por célula) é o prolongamento neuronal que conduz os impulsos *do* corpo celular.

Está se tornando mais comum, entretanto, diferenciar-se dendritos e axônios da seguinte forma:

DENDRITOS A **zona dendrítica** é a porção *receptora* do neurônio, onde os sinais elétricos se originam. A zona dendrítica pode incluir o corpo celular bem com os prolongamentos, ou **dendritos**, que podem ser extensões diretas do corpo celular ou processos mais afastados, separados do corpo celular por um axônio. O número, tamanho e extensão dos dendritos varia nos diferentes tipos de neurônios. Os dendritos apresentam a maioria das estruturas observadas no corpo celular incluindo filamentos e microtúbulos que se orientam paralelo ao longo eixo do dendrito.

AXÔNIO O **axônio** ou **fibra nervosa**, é a porção *condutora* de um neurônio, isto é, a parte que transmite os impulsos elétricos. Nos neurônios motores o corpo celular se localiza entre o axônio e os dendritos, mas nos neurônios sensitivos, ele se localiza ao lado do axônio. O axônio frequentemente se origina de uma elevação em forma de cone, denominado **cone de implantação do axônio**. O comprimento dos axônios varia consideravelmente. Eles podem ser bem curtos, percorrendo somente uma curta distância no sistema nervoso central, ou podem ser longos, e percorrerem uma distância considerável no interior do sistema nervoso central. Alguns axônios podem medir um metro ou mais, quando no sistema nervoso periférico. Cada neurônio apresenta somente um axônio, mas cada axônio normalmente apresenta vários ramos denominados **colaterais**. Os axônios possuem mitocôndrias, microtúbulos e neurofibrilas, mas eles carecem de substâncias cromófila. Um axônio e seus colaterais terminam por ramos finos separados entre si, denominados **telodendro**. A extremidade distal de cada telodendro se expande no interior de pequenas estruturas em forma de bulbo denominadas **terminais axônicos** ou **botões sinápticos**.

Tipos de Neurônios

Os neurônios podem ser classificados de acordo com sua forma e estrutura, e de acordo com sua função – isto é, o papel que eles desempenham no sistema nervoso.

CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A ESTRUTURA Estruturalmente, os neurônios podem ser classificados em três tipos, levando-se em conta o número de processos que se estendem do corpo celular:

1. **Neurônio bipolar** (Fig. 13-9a) apresenta dois prolongamentos, cada qual partindo de uma extremidade do corpo celular. Existem poucos exemplos deste tipo de neurônio no corpo.
2. **Neurônio pseudo-unipolar** (Fig. 13-9b) é formado durante o desenvolvimento embrionário quando dois prolongamentos de certo tipo de neurônios bipolares se unem de tal maneira que um só prolongamento se origina do corpo celular. Além do ponto de fusão, os dois processos permanecem separados.
3. **Neurônio multipolar** (Fig. 13-9c) é o tipo mais comum de neurônio;

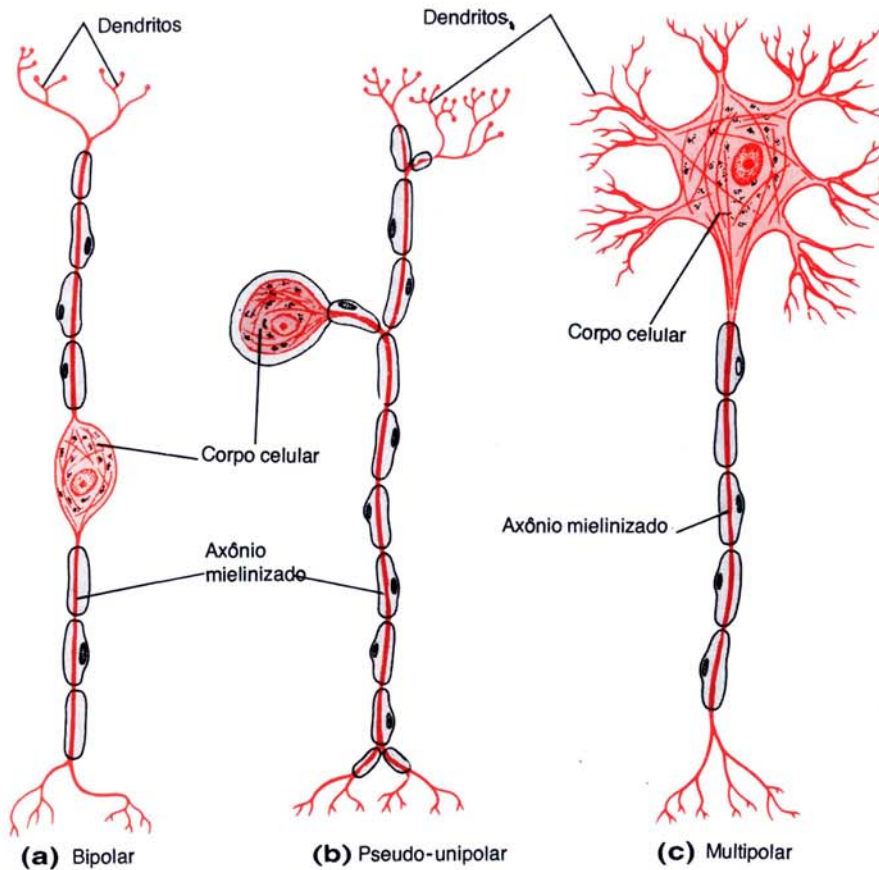


Figura 13-9
Tipos de neurônios.

apresenta um prolongamento longo que se origina do corpo celular e funciona como um axônio; os numerosos outros que se originam do corpo celular funcionam como dendritos.

CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A FUNÇÃO – Funcionalmente, também existem três tipos de neurônios:

1. **Neurônio motor (eferente)**, que transmite impulsos do sistema nervoso central para um efetador, ou de um centro superior do sistema nervoso central para um centro inferior.
2. **Neurônio sensitivo (aférente)**, que transporta impulsos dos receptores, para o sistema nervoso central, ou de um centro inferior do sistema nervoso central, para um centro superior.
3. **Neurônio internuncial (de associação)** que, quando presente, transmite impulsos de um neurônio a outro.

Os neurônios internunciais, que são multipolares, são observados somente no sistema nervoso central. Os neurônios motores também são do tipo multipolar. A maioria dos neurônios sensitivos são pseudo-unipolares, mas aqueles que levam impulsos originados na retina do olho, orelha interna, botões gustativos e epitélio olfatório, são do tipo bipolar.

Formação de Neurônios Mielinizados

A maioria dos axônios está recoberta por uma substância gordurosa denominada **mielina**. Tais axônios são conhecidos como **fibras mielínicas**; axônios que não são envolvidos por mielina, são denominados **fibras amielínicas**. Por causa do componente lipídico da mielina, fibras mielínicas se tornam esbran-

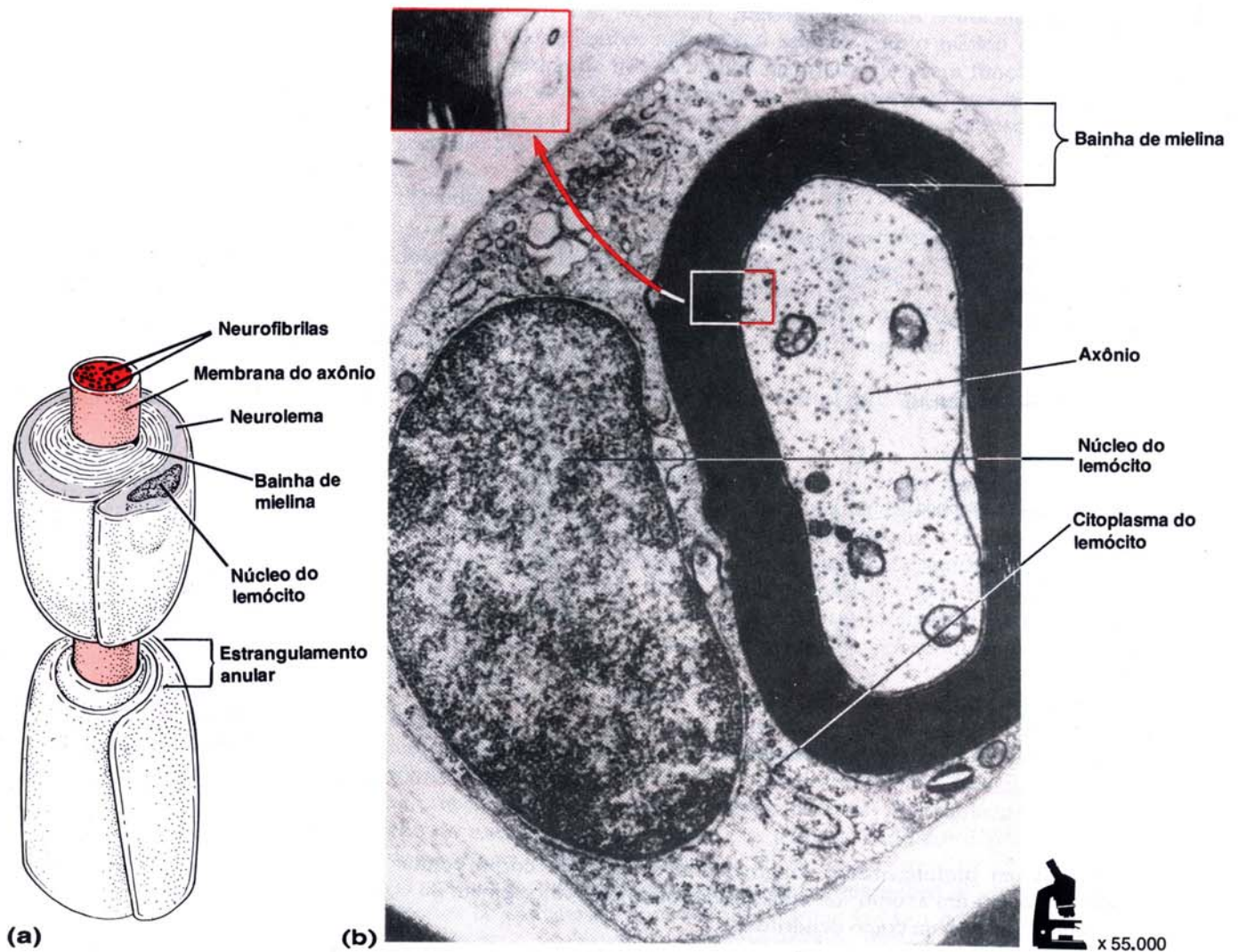


Figura 13-10

Ultra-estrutura dos neurônios mielinizados. (a) Esquemático. (b) Fotomicrografia de seção transversal de uma fibra nervosa envolta pela bainha de mielina. No quadro, uma ampliação de uma parte da bainha de mielina.

quiçadas; quando se agrupam, formam as vias de substâncias branca do sistema nervoso.

Quando os axônios mielinizados do sistema nervoso periférico são observados ao microscópio óptico, eles aparecem com uma fina membrana entre a mielina e a bainha de tecido conjuntivo (o endoneuro) circundando o axônio.

F 13-8 Essa membrana é denominada **neurolema** ou **bainha de Schwann** (Fig. 13-8).

F 13-8 O neurolema e a mielina desses axônios mielinizados são interrompidos em intervalos regulares ao longo do axônio. Cada um desses pontos de interrupção é denominado **estrangulamento anular (nodo de Ranvier)** (Fig. 13.8).

Tanto os axônios mielinizados como os desmielinizados do sistema nervoso periférico são envolvidos pelos **lemócitos** arranjados seqüencialmente ao longo do axônio. Durante o desenvolvimento embrionário, os leucócitos, que derivam das células da crista neural embrionária, migram ao longo do axônio e o envolvem.

Considerando-se as fibras mielínicas, através da microscopia eletrônica, pode-se observar que a bainha de mielina dos axônios mielinizados é formada quando cada leucócito se enrola várias vezes ao redor do axônio, empurrando seu citoplasma e seu núcleo para a periferia (Figura 13-10). Conseqüentemente, a bainha de mielina está composta de camadas alternadas de proteínas e lípidos que constituem a membrana plasmática dessas células. A porção mais externa dessa célula, que apresenta o citoplasma e o núcleo que foi empurrado para a periferia quando ela se enrolou no axônio, é o neurolema (*bainha de*

F 13-10

Schwann). Os estrangulamentos anulares são junções entre dois neurolemócitos sucessivos. É ao nível desses estrangulamentos que um colateral do axônio pode aparecer. Tais estrangulamentos também colaboram para o aumento da velocidade de transmissão do impulso nervoso, permitindo que ele salte diretamente de um para o outro, ao longo de toda a extensão do axônio.

Todavia, nem todos os axônios são mielinizados. Como se observa na Figura 13-11, não é incomum para os axônios de vários neurônios serem envolvidos pelo citoplasma de um único lemócito. Ele pode simplesmente envolver alguns desses axônios sem formar a bainha de mielina ao redor deles. Tais axônios são desmielinizados (*amielínicos*). Os axônios desmielinizados do sistema nervoso periférico são envolvidos pelo neurolema formado pelos lemócitos. Todavia, eles carecem das espirais adicionais que os envolveria formando a bainha de mielina. Muitos neurônios no sistema nervoso central são mielinicos, e não ocorre a presença de tais células nessa porção do sistema nervoso. Ao invés disso, o sistema nervoso central apresenta um tipo de célula da neurógliia, os **oligodendrócitos**, que enviam processos que se enrolam em torno dos axônios, formando desta maneira a bainha de mielina. No sistema nervoso central também não ocorre a presença de neurolema. Os axônios mielinizados formam a substância branca do sistema nervoso central.

O Impulso Nervoso

Um neurônio em estado de repouso encontra-se eletricamente polarizado: a porção interna da célula é negativa em relação ao exterior da célula. A polaridade se deve principalmente a uma distribuição desigual de íons através da membrana celular. Em um neurônio não estimulado, os íons de potássio aparecem em concentração maior no interior da célula, e os íons de sódio ocorrem em maior concentração no exterior da célula. A diferença no potencial elétrico produzido pela distribuição desigual desses íons é denominada **potencial de repouso da membrana**.

Quando um neurônio é estimulado, ocorrem mudanças na membrana celular que alteram essa distribuição característica de íons em ambas faces da membrana. A membrana se torna mais permeável aos íons de sódio na região do estímulo, e permite a entrada de grande quantidade de íons sódio na célula neste local, em comparação com áreas da célula não estimuladas. Uma vez que neurônios não estimulados são polarizados (o interior da célula é negativo em comparação com o exterior) e uma vez que os íons sódio são carregados positivamente, o aumento do movimento de íons sódio para o interior da célula nas regiões estimuladas determina uma negatividade menor no interior da célula nessas regiões. Assim, o potencial, estado polarizado da célula diminui, e a célula sofre graus de despolarização na área do estímulo.

Se um estímulo de intensidade suficiente é aplicado em um neurônio, a despolarização local da célula pode atingir um nível crítico conhecido como **limiar**, e um **potencial de ação** pode ocorrer. Uma vez atingido o limiar, a membrana celular na área despolarizada torna-se bastante permeável aos íons sódio e este entra rapidamente na célula. Como resultado, a polaridade inicial da célula é reduzida drasticamente na região de despolarização. De fato, a polaridade da célula realmente se torna invertida: o interior da célula fica positivo em relação ao exterior.

A ocorrência de um potencial de ação em uma área de um axônio normalmente provoca um aumento na permeabilidade ao sódio na região imediatamente adjacente da membrana celular e determina nessa região a formação de um potencial de ação. Isto determina uma maior permeabilidade aos íons sódio na região da membrana imediatamente adjacente, e nessa área um potencial de ação é gerado. Essa atividade continua ao longo da extensão da membrana do neurônio produzindo uma onda de despolarização denominada **propagação do potencial de ação** ou **impulso nervoso**, que se movimenta ao longo do axônio.

Sinapses

Posto que um impulso nervoso percorre toda a extensão de um único neu-

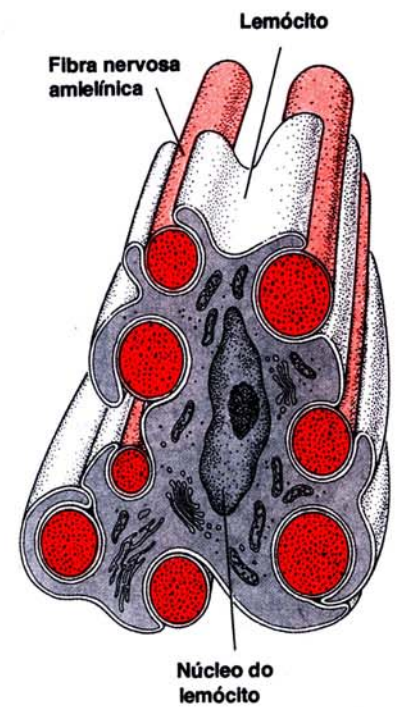


Figura 13-11

Um único lemócito envolvendo oito fibras nervosas amielínicas.

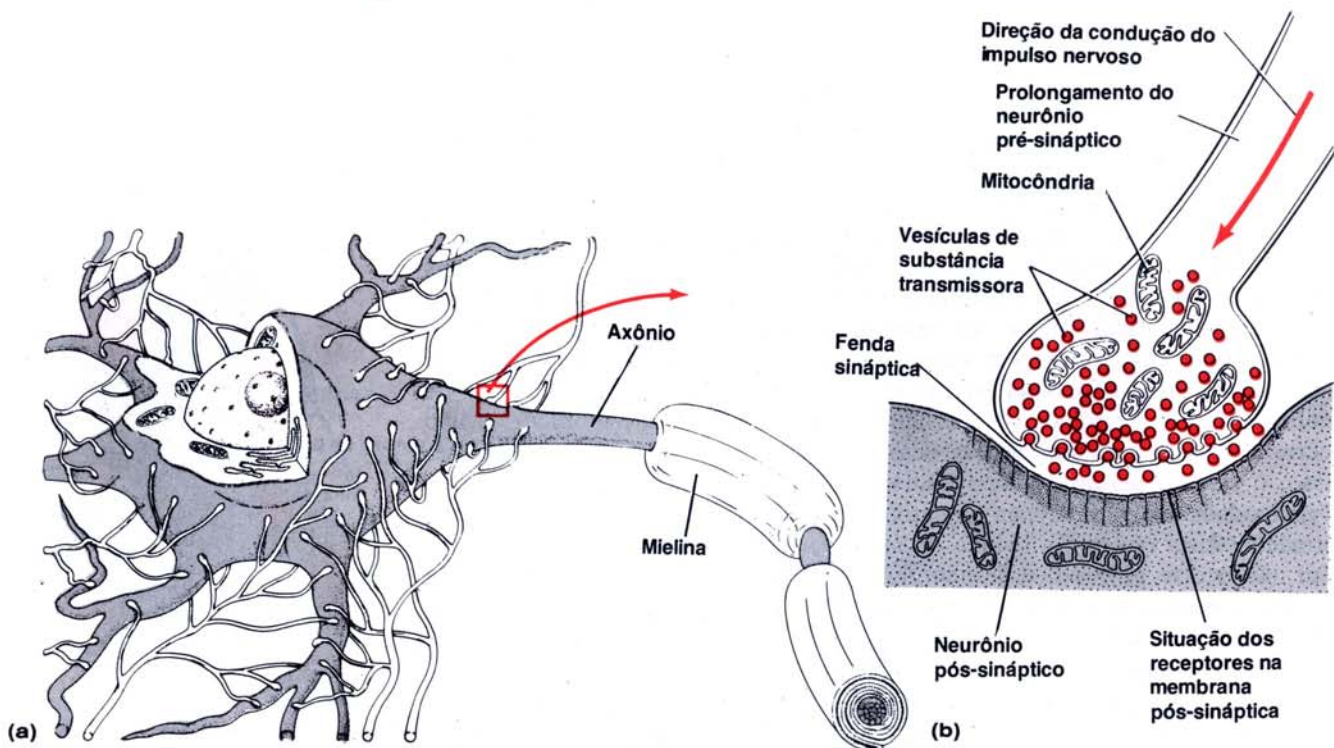


Figura 13-12

Sinapses entre os neurônios. (a) Axônios de vários neurônios conectando-se, através de sinapses, com os dendritos e o corpo celular de um neurônio. (b) Uma única sinapse, em grande aumento.

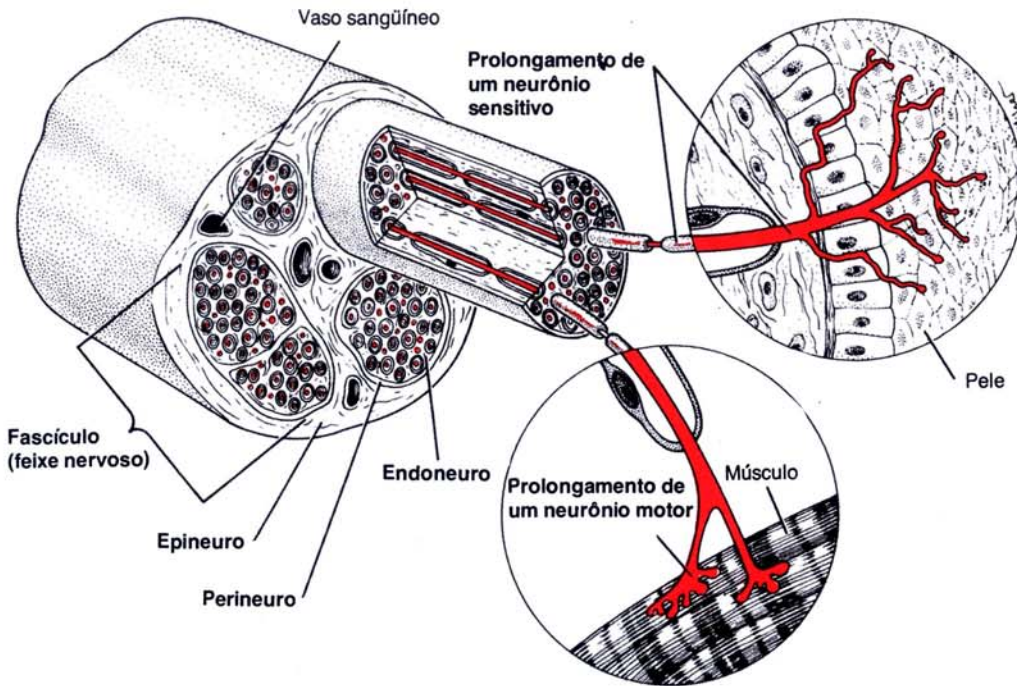
F 13-12

rônio, cadeias de neurônios devem ser atravessadas se a informação deve ser transmitida a todo o sistema nervoso. Essa transmissão necessita de uma maneira de passar a informação (o impulso nervoso) de neurônio para neurônio, bem como um método de transmitir a informação ao longo de um único neurônio. A maioria dos neurônios não se contatam diretamente. Os prolongamentos de um neurônio permanecem separados de outro, por um pequeno espaço. Esse tipo de união é denominada **sinapse**, e o espaço aí existente é conhecido como **fenda sináptica** (Fig. 13-12). Várias sinapses podem ocorrer entre o axônio de um neurônio e o dendrito de outro. Algumas sinapses também existem entre um axônio e um corpo celular.

Pelo fato de os dois neurônios que participam de uma sinapse não se contatarem entre si, um impulso nervoso que segue pelo primeiro neurônio ou **neurônio pré-sináptico**, não pode atravessar para o segundo neurônio, ou **neurônio pós-sináptico**. Desta maneira, a chegada do impulso nervoso à extremidade do neurônio pré-sináptico determina a liberação de um transmissor químico que se difunde pela fenda sináptica e se fixa nos receptores localizados sobre a membrana do neurônio pós-sináptico.

Um certo número de diferentes substâncias químicas transmissoras é conhecido, e cada uma possui um efeito estimulador ou inibidor em um neurônio pós-sináptico. Se o transmissor químico possui efeito estimulador, ele determina a despolarização da membrana do neurônio pós-sináptico. Essa despolarização é denominada **potencial excitatório pós-sináptico**. Se o estímulo do neurônio pós-sináptico é de intensidade suficiente, a membrana do neurônio pós-sináptico despolariza até o limiar, e um sinal elétrico é então estabelecido no dendrito do neurônio pós-sináptico. O sinal elétrico, por sua vez, pode determinar um impulso nervoso quando ele chega ao axônio do neurônio pós-sináptico. Se um transmissor químico é inibidor, ele aumenta a polaridade de repouso do neurônio pós-sináptico. Essa hiperpolarização é denominada **potencial inibitório pós-sináptico**. Como resultado dessa hiperpolarização, um estímulo excitatório mais potente que o normal é necessário para concluir um impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.

Uma vez liberados os transmissores, eles permanecem ativos por um curto tempo. Após essa liberação, eles são rapidamente removidos, quer por inativação química (via enzimas), quer por difusão para longe dos receptores da membrana pós-sináptica, ou pela entrada no neurônio pré-sináptico.

**Figura 13-13**

Secção transversal de um nervo mostrando as bainhas de tecido conjuntivo que envolvem os neurônios e os unem para formar um nervo.

Nervos

Um **nervo** é composto por prolongamentos de vários neurônios unidos entre si por bainhas de tecido conjuntivo (Fig. 13-13). Cada fibra nervosa é envolvida por uma bainha delgada de tecido conjuntivo denominada **endoneuro**. Os prolongamentos dos neurônios são separados em grupos no interior do nervo por outra bainha de tecido conjuntivo, o **perineuro**. Cada grupo de fibras nervosas envolvidas pelo perineuro é denominada **fascículo**. Vários fascículos envolvidos por uma bainha de tecido conjuntivo denominada **epineuro** constituem um nervo. Vasos linfáticos e sanguíneos atravessam essas bainhas para suprirem os neurônios.

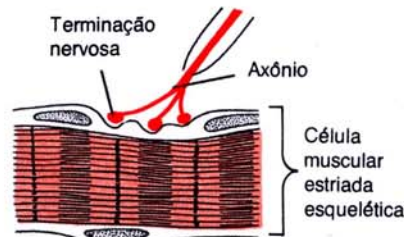
F 13-13

Tabela 13-1 Comparação entre neurônios, fibras nervosas e nervos

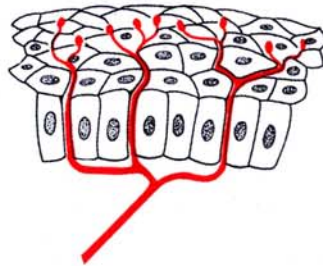
Neurônio	Célula nervosa
Fibra nervosa	Prolongamento longo de um neurônio. O termo normalmente refere-se a um axônio, mas também inclui os processos periféricos dos neurônios sensitivos.
Nervo	Conjunto de fibras nervosas, no sistema nervoso periférico

Os nervos são encontrados somente no sistema nervoso periférico e variam em tamanho e constituição. Os nervos que apresentam somente prolongamentos de neurônios sensitivos e levam impulsos em direção ao sistema nervoso central, são **nervos sensitivos**. Poucos nervos cranianos são sensitivos. A maioria deles é **misto**, isto é, eles apresentam prolongamentos de neurônios motores e sensitivos. Como resultado, os impulsos nervosos no interior desses nervos mistos correm tanto em direção ao sistema nervoso central, como para fora dele. A fim de ajudar na compreensão da terminologia utilizada para os vários componentes do sistema nervoso, a tabela 13-1 define o que é neurônio, fibra nervosa e nervo.

Tabela 13-1



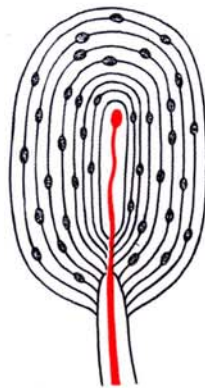
(a) Junção neuromuscular



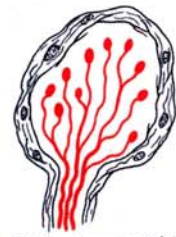
(b) Terminações nervosas livres



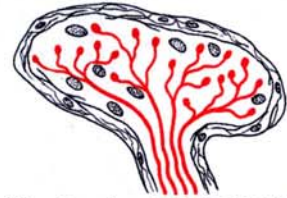
(c) Corpúsculo do tato (de Meissner)



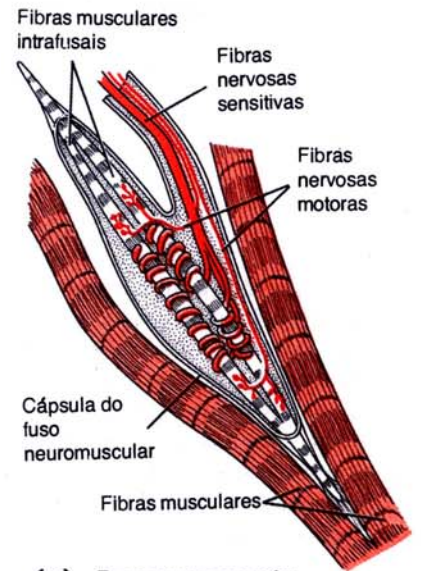
(d) Corpúsculo lameloso (de Pacini)



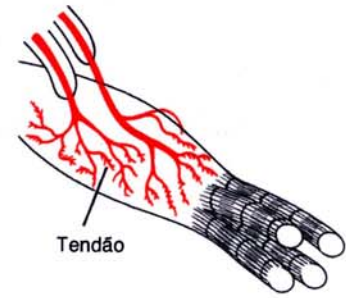
(e) Bulbo terminal (de Krause)



(f) Corpúsculo nervoso encapsulado (de Ruffini)



(g) Fuso neuromuscular



(h) Órgão neurotendíneo

Figura 13-14

Terminações nervosas especializadas.

Terminações nervosas periféricas especializadas

As terminações de um prolongamento neuronal nas regiões periféricas do corpo são geralmente estruturas especializadas. Elas variam desde terminações nervosas livres, até estruturas complexas encapsuladas (Fig. 13-14).

Terminações Nervosas Motoras

Neurônios motores somáticos (ou neurônios eferentes) formam uma junção neuromuscular (mioneural) com os músculos estriados esqueléticos aos quais suprem (Fig. 13-14a). O axônio de um neurônio motor somático se divide em vários ramos terminais que chegam a junções neuro-musculares nas cé-

Figura 13-14

lulas musculares esqueléticas. A bainha de mielina do axônio não se estende até a porção terminal do prolongamento neuronal; desta maneira, o axônio desprovido desta membrana - que está envolto por neurolema - se situa bem próximo da membrana da célula muscular. As membranas do nervo e do músculo não se tocam, e permanecem separadas por uma fenda muito reduzida (300-400 Å). Nas extremidades dos prolongamentos do axônio existem acúmulos de mitocôndrias e pequenas vesículas que contêm uma substância química denominada *acetilcolina*, que transmite impulsos do neurônio para a célula muscular através da fenda existente na junção neuromuscular, de um modo semelhante à transmissão do impulso nervoso através da sinapse, como anteriormente descrito.

Terminações Nervosas Sensitivas

As porções terminais dos processos periféricos dos neurônios sensitivos são os dendritos. As terminações dos dendritos de vários neurônios sensitivos captam mudanças ocorridas no meio. Por esta razão, as terminações dendríticas de vários neurônios sensitivos funcionam como **receptores**. Por exemplo, na pele existem dendritos modificados que servem como receptores associados aos diversos sentidos cutâneos.

Esses sentidos incluem dor, tato, pressão, temperatura. Por vários anos acreditava-se que a capacidade de distinguir essas sensações cutâneas era devido à presença de receptores especializados estrutural e funcionalmente distintos, existindo um tipo para cada sentido. Há no entanto alguma dúvida sobre a precisão dessa especificidade estrutural-funcional. Pode ser que cada tipo de receptor anatomicamente distinto na pele é, de fato, sensível a uma variedade de estímulo, mais que outro. De acordo com essa nova visão, um tipo de receptor pode possuir alguma sensibilidade diferente para uma variedade de estímulo, mais que um outro tipo. Embora essa abordagem indique que cada tipo de receptor pode ser responsável pela captação de um tipo específico de estímulo, deve-se ter em mente que essa noção pode necessitar de modificações nos conceitos estabelecidos até então.

Indiferente à sua função precisa, contudo, a presença desses tipos de receptores na pele, estruturalmente distintos, pode ser claramente estabelecida.

TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES As **terminações nervosas livres** são os receptores menos modificados. Consistem de dendritos expostos (13-14b). As terminações nervosas livres ramificam-se entre as células epiteliais, células de tecido conjuntivo, células musculares, células das membranas mucosas, etc. Funcionam principalmente como receptores para *dor*, muito embora terminações nervosas livres que envolvem os folículos pilosos funcionem como importantes receptores para *tato*, e algumas funcionem como receptores para *temperatura* (frio e calor).

F 13-14b

TERMINAÇÕES SENSITIVAS ENCAPSULADAS As demais terminações nervosas para sensibilidade geral são envolvidas por cápsulas de tecido conjuntivo que contribuem, por mecanismos ainda não bem esclarecidos, para a atividade do receptor. Esses receptores encapsulados são os *corpúsculos do tato*, *corpúsculos lamelosos*, *bulbos terminais*, *corpúsculos nervosos encapsulados*, *fusos neuromusculares*, e *órgãos neurotendíneos*.

Corpúsculos do tato (de Meissner) são pequenas cápsulas de tecido conjuntivo, elípticas, que envolvem uma terminação dendrítica espiralada (Fig. 13-14c). Esses receptores são particularmente sensíveis ao *tato fino* e são abundantes nas papilas dérmicas da pele (especialmente nas pontas dos dedos), na mucosa da língua, e outras regiões sensitivas do corpo.

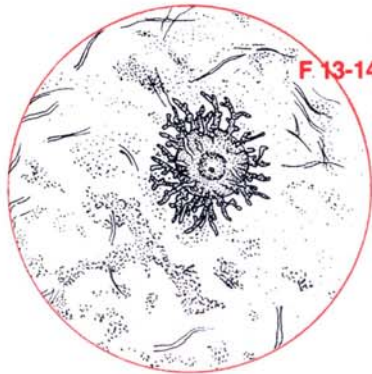
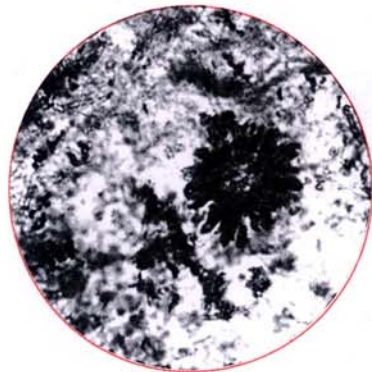
F 13-14c

Corpúsculos lamelosos (de Pacini) (fig. 13-14d). Localizados mais profundamente que os corpúsculos de Meissner, são observados nas camadas profundas da pele, mesentério e tecidos conjuntivos frouxos. São compostos por dendritos e várias camadas concêntricas de tecido conjuntivo que os envolvem. Por serem envolvidos por uma cápsula comparativamente densa, os corpúsculos de Pacini são sensíveis não ao *tato fino*, mas a *pressões* mais intensas.

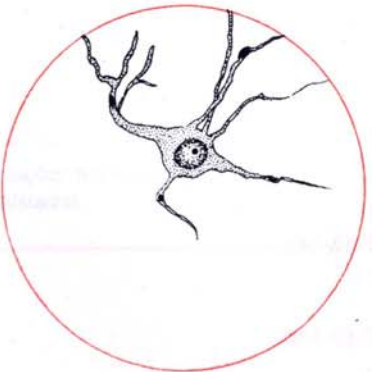
F 13-14d

Bulbos terminais (de Krause) (Fig. 13-14e) mais comumente distribuídos

F 13-14e



(a) Astrócitos



(b) Oligodendrócitos

Figura 13-15

Tipos de células da neurógliã.

através do corpo, acredita-se que atuam como receptores para *frio*. Cápsulas ovais denominadas **corpúsculos nervosos encapsulados (de Ruffini)** (Fig. 13-14 *f*) são observadas principalmente no tecido subcutâneo, e acredita-se que funcionem como receptores para *calor*.

F 13-14'

F 13-14'

Fusos neuromusculares – (Fig. 13-14*g*) são cápsulas complexas encontradas nos músculos estriados esqueléticos. No interior das cápsulas existem fibras musculares estriadas esqueléticas delgadas denominadas *fibras intra-fusais*. Elas são supridas por neurônios sensitivos, alguns dos quais se enrolam ao redor das fibras. Quando o músculo é estirado, as fibras intra-fusais também são estiradas. Isto aumenta a frequência dos impulsos nervosos que seguem em direção à medula espinal por neurônios que circundam as fibras musculares intra-fusais. Em resposta aos impulsos nervosos sensitivos produzidos pelo estiramento do músculo esquelético, há um aumento na frequência dos impulsos nervosos motores para o mesmo músculo. Desta forma, o estiramento é reflexamente impedido.

F 13-14h Órgãos neurotendíneos – (Fig. 13-14*h*) funcionam em íntima associação com os fusos neuromusculares. São compostos por dendritos envolvidos por cápsulas de tecido conjuntivo. Os dendritos se dividem em vários pequenos ramos em um tendão, próximo à sua junção com o ventre muscular. A contração do músculo determina quantidades variáveis de tensão exercida sobre o tendão. O desenvolvimento da tensão excessiva do músculo ativa os órgãos neurotendíneos. Impulsos sensitivos dos órgãos são então conduzidos à medula espinal, onde neurônios motores para o mesmo músculo são inibidos, descontraindo desta forma, o músculo.

Tipos de Receptores

Os receptores são estruturas que são geralmente ativadas por mudanças (estímulos) nos meio interno e externo do corpo. Como resultado dessa ativação, os impulsos nervosos são iniciados nas células nervosas sensitivas. Os receptores podem ser terminações de neurônios sensitivos tais como as descritas anteriormente, ou podem ser células especializadas associadas com essas terminações nervosas. Os receptores podem ser classificados de duas maneiras: de acordo com a *localização* do estímulo ou de acordo com o *tipo* de estímulo.

Classificação de Acordo com a Localização do Estímulo

Uma maneira de classificação é de acordo com a localização do estímulo ao qual o receptor responde. Desta forma, **exteroceptores** respondem a estímulos da superfície do corpo, incluindo tato, pressão, dor, temperatura, luz e som. **Interoceptores (visceroceptores)** são sensíveis a pressão, dor, e mudanças químicas que ocorrem no interior do corpo. Muitas das informações transmitidas pelos interoceptores não alcançam níveis de consciência. Por essa razão, uma pessoa normalmente não é informada sobre pequenas mudanças na pressão sanguínea, quantidade de gases transportada pelo sangue, ou contrações da musculatura lisa dos órgãos. Um tipo de interoceptor, denominado **proprioceptor** transmite informações relativas à posição de partes do corpo sem a necessidade de se observar visualmente a posição dessas partes. Desta forma, por exemplo, é possível se conhecer a posição dos dedos, mesmo quando os olhos se encontram fechados. Os fusos neuromusculares e os órgãos neurotendíneos são proprioceptores. Existem ainda receptores sensitivos que determinam o grau de estiramento das cápsulas articulares. Uma vez que esses receptores transmitem informações referentes à posição das articulações, eles também atuam como proprioceptores.

Classificação de Acordo com o Tipo de Estímulos

Os receptores também podem ser classificados de acordo com o tipo de estímulo que determina a formação do impulso nervoso. **Mecanoceptores** são sensíveis a deformações físicas tais como pressão ou estiramento. Esses receptores incluem corpúsculos lamelosos, fusos neuromusculares, órgãos neurotendíneos, e talvez os corpúsculos do tato. Receptores que respondem à mudanças

na temperatura são conhecidos como **termoceptores**. Os corpúsculos nervosos encapsulados e os bulbos terminais são exemplos desse tipo de receptores. **Quimioceptores** são estimulados por várias substâncias químicas na alimentação, ar, ou sangue. Desta forma, os sentidos do gosto e olfato dependem de receptores químicos. As células dos corpos aórtico e carótico que controlam o pH e níveis de gases no sangue também são quimioceptores. Células receptoras especializadas que podem converter energia luminosa em impulsos nervosos são **fotoceptores**. Os únicos fotoceptores do corpo, localizam-se na retina do olho. Esses receptores, juntamente com os quimioceptores associados com os sentidos do gosto e do olfato, são considerados órgãos dos sentidos especiais, e serão estudados no Capítulo 17.

Neurógliã

Existem bilhões de neurônios no sistema nervoso central, mas ainda mais células de suporte distribuídas entre os neurônios. Essas células são denominadas **neurógliã** (*células da glia*). Algumas dessas células fornecem o suporte estrutural para os neurônios. Outras estão envolvidas no transporte de nutrientes do sangue para os neurônios e participam na remoção de produtos de metabolismo dos neurônios. Outras ainda participam como fagócitos ativos no interior de sistema nervoso central. Um tipo de neurógliã impede que a atividade elétrica de um neurônio do sistema nervoso central interfira com a atividade de um neurônio adjacente. Ao contrário dos neurônios, a neurógliã é capaz de sofrer divisão por mitose. Incluídas na neurógliã estão os *astrócitos*, *oligodendrócitos*, *micróglia* e as *células ependimárias*.

Todas as células da neurógliã são de origem ectodérmica, exceto a micróglia, que se origina do mesoderma, que formará os tecidos conjuntivos.

Existem também dois tipos de células presentes no sistema nervoso periférico que são freqüentemente consideradas como neurógliã. Essas células são as *células satélites* que são observadas nas cápsulas que envolvem os corpos celulares dos neurônios sensitivos, e os *lemócitos*, que se localizam ao redor dos axônios dos nervos periféricos.

Astrócitos

Os **astrócitos** são células grandes com corpos em forma de estrela dos quais numerosos processos se irradiam (Fig. 13-15a). São as células mais numerosas da neurógliã e proporcionam a maior parte do suporte estrutural do sistema nervoso central. Além disso, vários dos processos dos astrócitos conectam-se com vasos sanguíneos no interior do sistema nervoso central. Por causa desse contato, os astrócitos estão envolvidos na formação da *barreira hemo-encefálica* que envolve os capilares do SNC. Nessa função, os astrócitos regulam o transporte de substâncias entre os capilares e os neurônios.

A sugestão da existência da barreira hemo-encefálica é baseada em observações de que somente água, oxigênio e CO² podem facilmente entrar ou sair dos capilares do SNC. Todas as outras substâncias que se movimentam através das paredes dos capilares do sistema nervoso central o fazem em uma concentração muito baixa. Esse impedimento para trocas no encéfalo contrasta com todas as outras regiões do corpo, onde várias substâncias se movimentam livremente e rapidamente através das paredes dos capilares. Aparentemente o papel da barreira hemo-encefálica é o de prevenir flutuações extremas e súbitas na composição de líquidos nos tecidos do SNC, protegendo desta forma os neurônios, que são insubstituíveis.

Oligodendrócitos

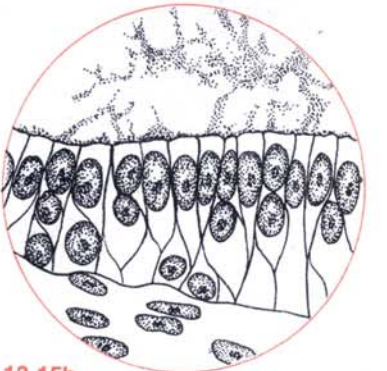
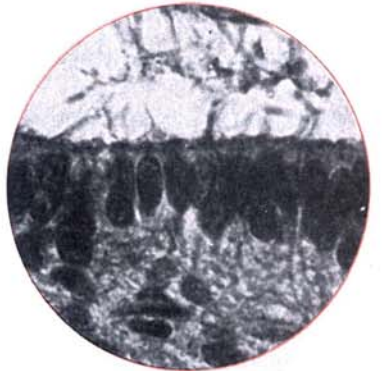
Oligodendrócitos (Oligodendróglia) são menores que os astrócitos e apresentam poucos processos (Fig. 13.15 b). Alguns desses processos se enrolam ao redor dos axônios do sistema nervoso central, formando uma bainha de mielina, mais do que os *lemócitos* são capazes de formar no sistema nervoso periférico.

Micróglia

Micróglia – São os menores tipos de células da neurógliã (Fig. 13-15 c).



(c) Micróglia



F 13-15b

(d) Células ependimárias

Figura 13-15 continuação
Tipos de células de neurógliã.

FRONTEIRAS EM SAÚDE

ALÍVIO ELÉTRICO DA DOR

As pessoas que sofrem algum tipo de dor podem relatar que ela manifesta-se sob várias formas, desde intensa até discreta; desde um leve incômodo até uma forma penetrante; desde crônica até aguda. A dor é a principal aflição nos Estados Unidos, por exemplo, onde cerca de um em cada três americanos sofre de dor crônica. Estima-se que o custo para tratamento da dor e de dias perdidos no trabalho em consequência desse mal, gira em torno de US\$ 70 bilhões. O custo individual para a dor crônica é imensurável.

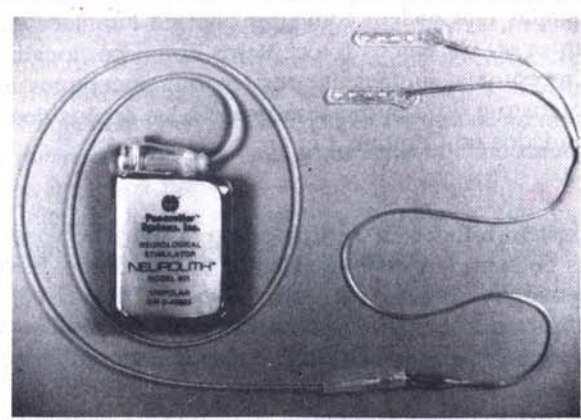
Ironicamente, a dor é uma das condições clínicas menos entendidas. O estudo da dor transcende aos domínios da medicina interna, cirurgia, ou qualquer outra divisão tradicional da medicina. A dor tem sido estudada de uma maneira mais intensa ultimamente, e várias técnicas atuais oferecem aos pacientes de dores crônicas uma nova perspectiva.

A dor tem sido tratada tradicionalmente com analgésicos, acupuntura, bio-feedback, e hipnose, que é um complemento para esses tratamentos. Para a dor intensa, os cirurgiões têm trabalhado no sentido de cortar determinadas raízes nervosas ou destruir certas áreas do encéfalo que interpretam a dor. Todavia uma grande porcentagem dos pacientes que foram tratados por esses métodos relatam a reincidência da dor, normalmente após um ano, e com intensidade às vezes maior.

Uma técnica que oferece uma grande perspectiva é a de estimulação profunda do encéfalo. Cirurgiões descobriram que eletrodos implantados em certas regiões do tronco encefálico podem bloquear a passagem de impulsos que são transmitidos ao encéfalo. Após a inserção dos eletrodos através de um pequeno orifício no crânio do paciente, eles são direcionados até regiões específicas do encéfalo e conectados a uma pequena bateria que pode ser carregada em um cinto ou implantada sob a pele. Quando a dor se inicia, o paciente liga o aparelho, que produz um pequeno choque que bloqueia a dor. A estimulação profunda do encéfalo bloqueia com ampla margem de sucesso o estímulo da dor sem afetar outras funções do encéfalo.

Cientistas do laboratório de física aplicada da Universidade John Hopkins trabalhando com sistemas Pacesetter em Sulmar, Califórnia, desenvolveram uma bateria implantável que pode ser utilizada na estimulação profunda do encéfalo. Não sendo maior que uma caixa de baralhos, o estimulador é implantado abaixo da pele sobre a porção inferior da caixa torácica. Uma vez assimilada a presença do aparelho, o paciente dificilmente se sente incomodado. Fios finos conectam o aparelho ao encéfalo ou aos nervos. De acordo com os construtores, o estimulador pode durar 10 anos, com uma recarga mensal, que pode ser feita transcutaneamente.

A estimulação profunda do encéfalo requer uma cirurgia, e com ela complicações potenciais podem aparecer. Mas com 75% de sucesso, a maioria dos pacientes se mostra disposta a correr os riscos para se livrarem da martirizante e desagradável dor que os afeta noite e dia. Para muitas pessoas, o alívio pode ocorrer sob a forma mais simples e mais barata de tratamento, denominada estimulação elétrica nervosa transcutânea (EENT). Neste método



Este estimulador cerebelar foi desenvolvido por Pacesetter Systems para pacientes com paralisia cerebral. O Dr. Joseph H. Schulman da Neurodyne Corporation o utiliza em testes clínicos, com autorização da U.S.F.D.A.

de controle da dor, os pacientes utilizam uma pequena bateria, que é conectada por fios e pequenos eletrodos. Ao invés de serem implantados, os eletrodos são colocados na superfície corpórea, sobre as fibras nervosas que produzem a dor. Quando um paciente sente dor, ele simplesmente liga o aparelho. A pequena corrente gerada pela bateria estimula a pele e bloqueia as fibras que levam impulsos de dor.

Pesquisadores médicos não estão ainda muito certos de como o EENT atua, mas muitos acreditam que ele bloqueia a dor por uma sobrecarga do circuito neuronal. Dois tipos de fibras nervosas transmitem informações à medula espinal. As fibras de pequeno diâmetro conduzem impulsos de dor de muitas variedades, enquanto as fibras com diâmetro maior transmitem informações tais como pressão e tato fino, dos receptores localizados na pele. Ambos tipos de fibras sensitivas convergem para a medula espinal. Os impulsos nervosos que partem de receptores para a dor são bloqueados por estimulação simultânea das fibras de maior diâmetro, seja através da acupuntura ou através do EENT.

O EENT tem sido utilizado com sucesso na redução da dor ocasionada por grandes cirurgias. Em um estudo durante o período pós-operatório, pacientes que utilizaram o EENT apresentaram-se aptos a deixar o hospital vários dias antes do que aqueles que foram tratados da forma convencional. O alívio da dor pós-operatória é somente uma das maneiras de utilização deste tratamento relativamente barato e seguro. Dentistas descobriram que o EENT pode realmente eliminar a necessidade de anestesia local na rotina do consultório. Ele poderia também auxiliar na diminuição da dor do parto, em obstetrícia. Lesões em atletas, dores nas articulações, dores lombares, dores no pescoço, são aplicações adicionais para essa promissora forma de alívio elétrico da dor.

São fagócitos, e funcionam na remoção de tecido morto ou material estranho no SNC. Por esta razão, a microglia é considerada como parte do sistema de macrófagos (Cap. 3).

Células Ependimárias

As **células ependimárias** são células da neurógliia que revestem o interior dos ventrículos (cavidades) do encéfalo e o canal central da medula espinal (Fig. 13-15 d). Algumas dessas células epiteliais cubóides, são ciliadas. As células ependimárias do teto dos ventrículos encefálicos são mais modificadas, apresentando microvilos em sua superfície. Essas células ependimárias modificadas envolvem redes vasculares denominadas *plexos coróides*, que produzem o líquido cerebrospinal, que preenche os ventrículos.

RESUMO

ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA NERVOSO

pp. 355-358

SISTEMA NERVOSO CENTRAL (SNC) encéfalo e medula espinal; centros integradores e controladores.

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO (SNP) nervos espiniais; nervos cranianos, gânglios, receptores.

DIVISÃO AFERENTE inclui células nervosas sensitivas somáticas e viscerais.

DIVISÃO EFERENTE inclui células nervosas motoras somáticas e viscerais.

Sistema nervoso somático (voluntário) leva impulsos motores somáticos aos músculos estriados esqueléticos.

Sistema nervoso autônomo (involuntário) transmite impulsos motores viscerais para os músculos liso e cardíaco, e para as glândulas; divisões simpática e parasimpática.

DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DO SISTEMA NERVOSO

pp. 358-360

CÉLULAS DO ECTODERMA tornam-se espessas e formam a placa neural.

SULCO NEURAL torna-se o tubo neural; se desenvolve em encéfalo e medula espinal.

CÉLULAS DA CRISTA NEURAL formam células nervosas sensitivas dos nervos cranianos e espiniais; nervos motores simpáticos; leucócitos.

EXTREMIDADE ANTERIOR DO TUBO NEURAL forma o encéfalo.

PROENCÉFALO (ENCÉFALO ANTERIOR)

Telencéfalo anterior

Diencéfalo

MESENCÉFALO (ENCÉFALO MÉDIO)

ROMBENCÉFALO (ENCÉFALO POSTERIOR)

Metencéfalo

Mielencéfalo posterior

LÍQUIDO CEREBROSPINAL no interior das cavidades do encéfalo

COMPONENTES DO SISTEMA NERVOSO

pp. 360-

373

NEURÔNIOS

ESTRUTURA DE UM NEURÔNIO

Corpo celular (Soma, Pericário)

Um ou mais processos contém citoplasma

Núcleo grande, Nucléolo proeminente

Substância cromófila camadas paralelas de retículo endoplasmático rugoso

Neurofibrilas fibrilas para o suporte celular e microtúbulos para transporte no interior das células

LOCALIZAÇÃO DOS CORPOS CELULARES NEURONIAIS

Núcleos agrupamentos de corpos celulares no SNC.

Centros grupos de núcleos com funções relacionadas.

Gânglios grupos de corpos celulares no SNP

PROLONGAMENTOS DOS NEURÔNIOS

Dendritos (zonas dendríticas) porção receptora do neurônio; onde o impulso elétrico se origina.

Axônio processo condutor do neurônio ao longo do qual a transmissão do impulso elétrico ocorre; um axônio por neurônio; axônios emitem colaterais; um axônio mais o seu envoltório é denominado fibra nervosa; ausência de substância cromófila.

TIPOS DE NEURÔNIOS

Classificação de acordo com a estrutura:

1. *Neurônio bipolar* dois processos; observado principalmente no embrião.
2. *Neurônio pseudo-unipolar* processo único que se origina do corpo celular.
3. *Neurônio multipolar* um axônio; vários dendritos.

Classificação de acordo com a função:

1. *Neurônio motor* (eferente) transmite impulsos do SNC ao efetador ou a um centro inferior do SNC; multipolar.
2. *Neurônio sensitivo* (aférente) transmite impulsos do receptor ao SNC; a maioria é pseudo-unipolar; poucos são bipolares.
3. *Neurônio internuncial (de associação)* transmite impulsos de neurônio a neurônio; multipolar; somente no SNC.

FORMAÇÃO DOS NEURÔNIOS MIELINIZADOS

Fibras desmielinizadas (amiélicas) axônios não

envoltos por *mielina*; envolvidos por neurolemócitos. *Fibras mielínicas* axônios envolvidos por mielina, uma substância gordurosa, que determinam-lhes a aparência esbranquiçada; envoltório espiral dos leucócitos forma a bainha de mielina.

1. *Neurolema (bainha de Schwann)* porção mais externa do neurolemócito.
2. *Estrangulamentos anelares* pontos regulares de interrupção do neurolema e da mielina, onde os leucócitos se unem pelas extremidades.
3. *Bainha de mielina* composta por camadas alternadas de proteína e lipídios da membrana plasmática dos neurolemócitos.
4. *Neurônios mielínicos do SNC* não possuem leucócitos, camadas de oligodendrócitos ao redor dos axônios formando mielina; ausência de neurolema no SNC.

O IMPULSO NERVOSO

Neurônio não-estimulado eletricamente polarizado: interior da célula negativo, em relação ao exterior. Polaridade devida à distribuição desigual de potássio e sódio (íons) através da membrana; denominada *potencial de repouso da membrana*.

Neurônio estimulado íons de sódio penetram rapidamente na célula, em grande quantidade. Se o estímulo é suficientemente forte, a membrana se despolariza, com o interior da célula se tornando positivo em relação ao exterior; produz um *potencial de ação*.

Potencial de ação continua ao longo da membrana neuronal; produzindo o impulso nervoso.

SINAPSE

Neurônios em uma cadeia se unem via sinapses; na sinapse os neurônios estão separados pela *fenda sináptica*.

Neurônio pré-sináptico libera substância química transmissora para a fenda sináptica.

Se a substância é estimuladora o neurônio pós-sináptico se despolariza; denominado *potencial excitatório pós-sináptico*.

Se a substância é inibidora o neurônio pós-sináptico se hiperpolariza; denominado *potencial inibitório pós-sináptico*. Substâncias transmissoras rapidamente inativadas ou removidas.

NERVOS

1. Neurônio (célula nervosa) envolvida em tecido conjuntivo (endoneuro).
2. Processos neuronais em feixes envolvidos em perineuro; feixe denominado *fascículo*.
3. Nervo é um grupo de *fascículos* envolvidos por tecido conjuntivo (*epineuro*).
4. Nervos sensitivos apresentam somente neurônios sensitivos.
5. Nervos mistos contêm processos de neurônios motores e sensitivos; transmitem impulsos *para e do SNC*.

TERMINAÇÕES NERVOSAS PERIFÉRICAS

TERMINAÇÕES NERVOSAS MOTORAS

Junção neuro-muscular ou mioneural ramos terminais do axônio no interior dos músculos estriados esqueléticos; as membranas do nervo e do músculo não se tocam.

Mielina não está presente na extremidade do axônio. *Pequenas vesículas* contêm acetilcolina; presente nas terminações do axônio.

TERMINAÇÕES NERVOSAS SENSITIVAS dendritos funcionam como receptores, e dos quais existem tipos estruturalmente distintos. Cada tipo de receptor pode ou não ser responsável pelo envio de um único tipo de estímulo.

Terminações nervosas livres dendritos expostos; receptores principais de dor; também tato e temperatura.

Terminações sensitivas encapsuladas envolvidas por cápsulas de tecido conjuntivo.

1. *Corpúsculos do tato*: cápsulas elípticas; sensíveis ao tato fino.
2. *Corpúsculos lamelosos*: camadas concêntricas de tecido conjuntivo envolvendo o dendrito; sensível à pressão.
3. *Bulbos terminais*: receptores para frio.
4. *Corpúsculos nervosos encapsulados*: cápsulas ovais; receptores para calor.
5. *Fusos neuromusculares*: cápsulas complexas; apresenta delgadas fibras estriadas esqueléticas denominadas *fibras intrafusais*; respondem ao estiramento.
6. *Órgãos neurotendíneos*: dendritos que se ramificam em um tendão próximo à sua junção com o ventre muscular; regulam a tensão.

TIPOS DE RECEPTORES

CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A LOCALIZAÇÃO DO ESTÍMULO

Exteroceptores respondem a estímulos na superfície do corpo, tais como tato, som, luz.

Interoceptores (visceroceptores) respondem a pressão, dor e mudanças químicas no meio interno do corpo. *Proprioceptores* respondem à posição das partes do corpo (fusos neuromusculares, órgãos neurotendíneos).

CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM O TIPO DE ESTÍMULOS

Mecanoceptores sensíveis a deformações físicas tais como pressão ou estiramento (*corpúsculos lamelosos*, fusos neuromusculares, órgãos neurotendíneos).

Termoceptores sensíveis a mudanças de temperatura (*corpúsculos nervosos encapsulados*, *bulbos terminais*).

Quimioceptores sensíveis a substâncias químicas, gosto, olfato, pH.

Fotoceptores sensíveis à luz.

NEURÓGLIA (CÉLULAS DA GLIA) suporte estrutural para os neurônios; transferência de nutrientes; fagocitose; isolante da atividade elétrica. Capazes de sofrer divisão mitótica; origem a partir do ectoderma, exceto a micróglia, que é de origem mesodérmica. Células satélites e leucócitos consideradas *neuróglia periférica*.

ASTRÓCITOS corpos grandes em forma de estrela, com vários processos.

Suporte estrutural do SNC

Barreira hemo-encefálica diminui a passagem de substâncias entre os capilares e neurônios.

OLIGODENDRÓCITOS pequenos; formam a bainha de mielina no SNC.

MICRÓGLIA as menores; consideradas parte do sistema de macrófagos; removem tecido morto e material estranho do SNC (*fagocíticas*).

CÉLULAS EPENDIMÁRIAS cubóides, algumas ciliadas; forram os ventrículos do encéfalo e o canal central da medula espinal; algumas no teto dos ventrículos apresentam microvilosidades – associadas aos plexos coróides.