

SISTEMA NERVOSO CENTRAL

14

O **sistema nervoso central** está formado pelo encéfalo e pela medula espinal, que se desenvolvem a partir do tubo neural (ver Capítulo 13). A medula espinal é essencialmente uma extensão dos tractos nervosos do encéfalo. Os neurônios da medula espinal transmitem mensagem do e para o encéfalo, e a medula atua como um centro para a realização de reflexos. Por motivos didáticos, a medula e o encéfalo serão abordados como se fossem entidades separadas, mas ao mesmo tempo a inter-relação entre eles será enfatizada.

ENCÉFALO

O encéfalo é formado pelo desenvolvimento da extremidade anterior do tubo neural primitivo. No Capítulo 13, ele foi descrito como apresentando três dilatações, denominadas *prosencefalo*, *mesencefalo* e *rombencefalo*, que se formam na região do futuro encéfalo. Também foi descrito como essas três dilatações se subdividem em cinco vesículas: o *prosencefalo* se divide em *telencefalo* e *diencefalo*; o *mesencefalo* permanece como uma vesícula única e o *rombencefalo* se divide em *metencefalo* e *mielencefalo*. Este capítulo irá abordar as estruturas do adulto que se desenvolvem a partir dessas cinco divisões. A Tabela 14-1 relaciona algumas dessas estruturas e denomina a porção do tubo neural (canal) que se localiza em cada subdivisão do encéfalo. O suprimento sanguíneo do encéfalo foi descrito no Capítulo 11.

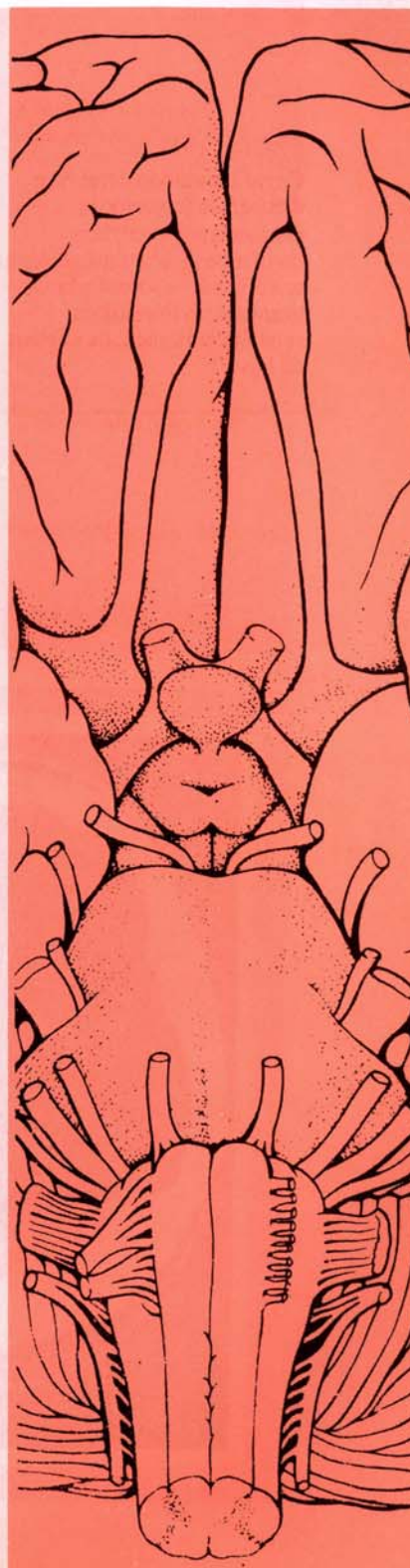
Telencefalo

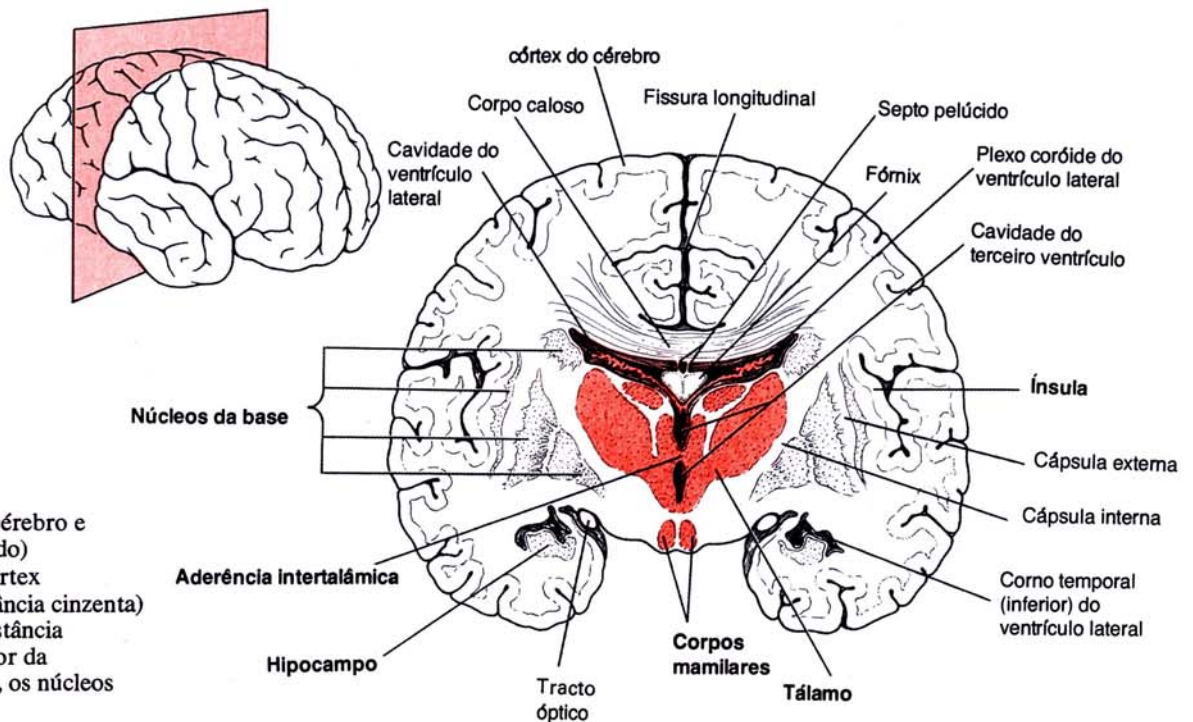
No adulto, o telencefalo consiste de dois **hemisférios cerebrais** (direito e esquerdo), que juntos formam o **cérebro** (ver Quadro 14-1). Pelo seu desenvolvimento extensivo, o cérebro envolve completamente o diencefalo e encobre grande parte do rombencefalo. O cérebro apresenta uma camada externa de **substância cinzenta** que está constituída principalmente por corpos neuronais e fibras amielínicas. Essa camada é denominada **córtex do cérebro**. Profundamente situados no interior de cada hemisfério cerebral existem estruturas adicionais de substância cinzenta conhecidas como **núcleos da base** (Fig. 14-1). A substância cinzenta do córtex do cérebro está separada dos núcleos da base pela **substância branca**, que está constituída por tractos de fibras nervosas mielínicas. Uma cavidade preenchida por líquido cefalorraquiano denominada **ventrículo lateral** está localizada no interior de cada hemisfério cerebral.

Tractos de Fibras Nervosas Mielínicas

No SNC, feixes de fibras nervosas são denominados **tractos**. Existem três tipos de tractos na substância branca do cérebro:

1. **Tractos de projeção** são vias formadas por **fibras de projeção**. Essas fibras conduzem, impulsos nervosos descendentes (motores) do córtex do cérebro para outras regiões do encéfalo e medula espinal, ou impulsos ascendentes (sensitivos) da medula espinal e regiões inferiores do encéfalo (como o tálamo) para o córtex do cérebro.



**Figura 14-1**

Corte frontal do cérebro e diencéfalo (colorido) evidenciando o córtex do cérebro (substância cinzenta) envolvendo a substância branca e no interior da substância branca, os núcleos da base.

2. **Tractos de associação** são vias formadas por **fibras de associação**, que conectam várias áreas do córtex do cérebro no interior do mesmo hemisfério. As fibras de associação variam em comprimento: algumas são curtas, enquanto outras se estendem por todo o hemisfério.
3. **Tractos comissurais** são vias formadas por **fibras comissurais**. Essas fibras conectam os hemisférios cerebrais direito e esquerdo. Existem dois tractos comissurais principais que conectam os hemisférios cerebrais: a **comissura anterior** e o **corpo caloso**.

Resultados surpreendentes são obtidos se o corpo caloso é lesionado, como algumas vezes é feito no tratamento de convulsões epiléticas. Após a recuperação, a pessoa dá a impressão de normalidade. Todavia, através de testes especiais, é possível demonstrar que após a secção da comissura, uma atividade aprendida por uma das mãos não pode ser desenvolvida pela outra, a menos que essa atividade seja reaprendida por essa mão. Uma pessoa na qual o corpo caloso esteja intacto, pode aprender uma tarefa com ambas as mãos, muito embora não com a mesma destreza. Por esta razão, parece que o corpo caloso torna possível a troca de informação sobre os hemisférios cerebrais. Se a comissura é lesionada, a informação aprendida por um hemisfério não é acessível para o outro.

Giros, Fissuras, Sulcos e Lobos do Cérebro

A superfície do cérebro apresenta várias saliências arredondadas denominadas **circunvoluções** ou **giros** (singular = *giro*) (Figura 14-2). Separando os giros existem depressões. As depressões profundas são denominadas **fissuras**; as mais rasas, **sulcos**. As dobras de córtex do cérebro produzidas pelos giros e sulcos tornam a área do córtex bem maior do que ela seria se a superfície do cérebro fosse lisa. Desta maneira, uma porcentagem significativa do córtex do cérebro se localiza nas profundezas das fissuras e sulcos e não é visível da superfície.

Os padrões dos giros e fissuras ou sulcos variam um pouco de um encéfalo para outro. Todavia, os locais de determinadas fissuras e sulcos são constantes o

Tabela 14-1 Subdivisões do Tubo Neural e Principais Estruturas no Adulto Derivadas de Cada Uma

Divisão Primária	Subdivisão	Estruturas no Encéfalo Adulto	Cavidade Neural Correspondente
Prosencéfalo (encéfalo anterior)	Telencéfalo	Hemisférios cerebrais (cérebro) Córtex do cérebro Núcleos da base Bulbos e tractos olfatórios	Ventrículos laterais e porção superior do terceiro ventrículo
	Diencefalo	Epitálamo Tálamo Hipotálamo	A maior parte do terceiro ventrículo
Mesencéfalo (encéfalo médio)	Mesencéfalo	Corpos quadrigêmeos (colículos superiores e inferiores) Pedúnculos do cérebro	Aqueduto do mesencéfalo
Rombocéfalo (encéfalo posterior)	Metencéfalo	Cerebelo Ponte	Quarto ventrículo
	Mielocéfalo	Medula oblonga (bulbo)	Parte do quarto ventrículo
Medula espinal	Medula espinal	Medula espinal	Canal central

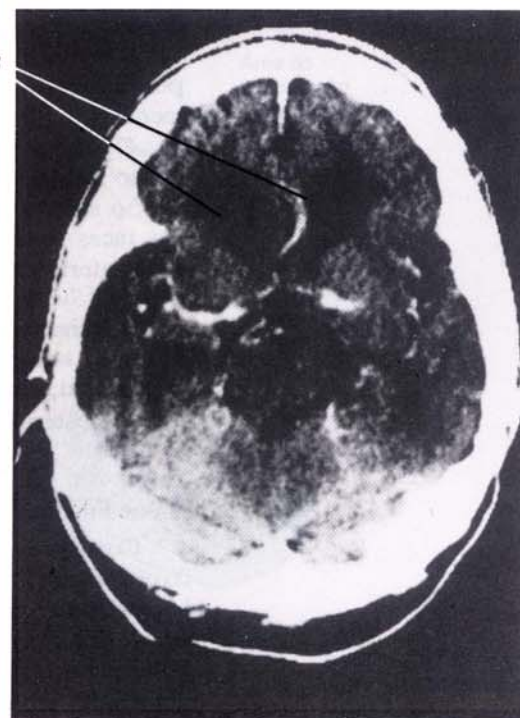
Quadro 14-1**Tomografia Computadorizada do Encéfalo Humano**

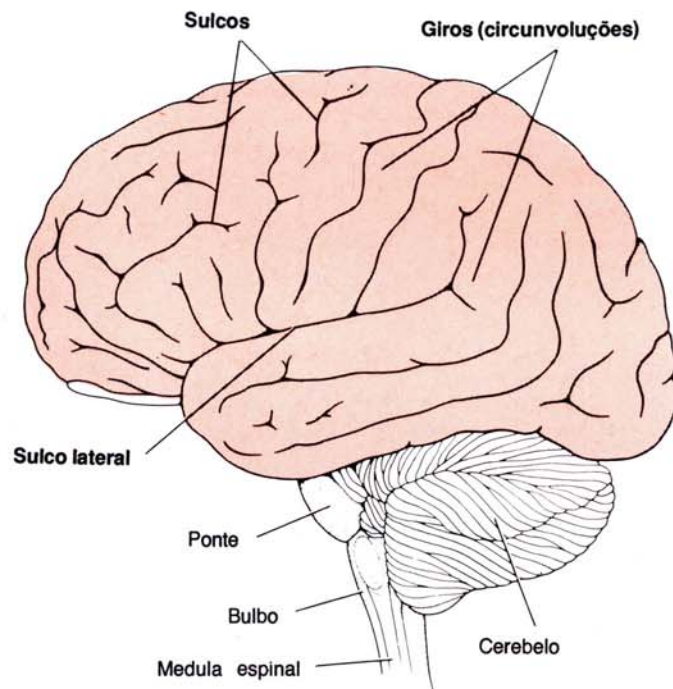
Esta é uma tomografia computadorizada da porção central do encéfalo humano (veja Quadro 5-2). A região branca espessa indica o crânio, e a linha branca de contorno externo, é o couro cabeludo. Em cinza, o encéfalo. As áreas escuras simétricas representam o sistema ventricular. As áreas embranquiçadas no interior do encéfalo indicam que há alguma calcificação nos vasos, que pode resultar em uma constrição desses vasos. No caso da figura ao lado, trata-se de uma pessoa idosa que pode ter aterosclerose, uma doença vascular. Se essas áreas calcificadas indicam comprometimento

de vasos aparecem no encéfalo, provavelmente elas estão presentes em todo o corpo.

Tomografias computadorizadas, que são utilizadas principalmente para se determinar a presença de tumores, lesões, e doenças vasculares, reduzem a necessidade de cirurgia exploratória em determinadas situações. Por exemplo, no caso de uma lesão da cabeça onde há suspeita de uma hemorragia interna, a tomografia computadorizada é um modo rápido, eficiente e sem risco de se determinar a presença ou não de uma hemorragia.

Ventrículos



**Figura 14-2**

Vista lateral da superfície do encéfalo. A superfície do hemisfério cerebral apresenta numerosos giros separados entre si por sulcos e fissuras.

suficiente para servirem de pontos de referência através dos quais cada hemisfério pode ser dividido em *lobos*: *frontal*, *parietal*, *temporal* e *occipital* (Figura 14-3). Cada lobo está localizado aproximadamente na mesma região correspondente ao respectivo osso do crânio.

F 14-1 A **fissura longitudinal do cérebro** (Figura 14-1) é uma depressão profunda que se estende até o corpo caloso, na região central do cérebro. Ela se dirige anterior e posteriormente, dividindo o cérebro em hemisférios direito e esquerdo. Cada hemisfério é posteriormente dividido em um **lobo frontal** e um **lobo**

F 14-3 **parietal**, pelo **sulco central** (*fissura de Rolando*) (Figura 14-3), que é perpendicular à fissura longitudinal do cérebro. Dois giros se situam paralelamente ao sulco central: um anterior a ele, o **giro pré-central**, e outro posterior, o **giro pós-central**. A importância funcional desses giros será explicada posteriormente.

O lobo parietal está separado posteriormente do lobo occipital por um sulco pouco delimitado na face lateral do cérebro mas bem visível em sua face medial, o **sulco parieto-occipital**. Os lobos temporais se estendem anteriormente, nas faces laterais dos hemisférios. Cada lobo temporal está separado das porções inferiores dos lobos frontal e parietal por um profundo **sulco lateral** (*fissura de Sylvius*) (Figura 14-3). O **lobo da ínsula**, uma porção do córtex do cérebro considerada como o quinto lobo do cérebro, está localizado profundamente

F 14-1 no sulco lateral (Figura 14-1). A ínsula se acha encoberta por porções dos lobos frontal, parietal e temporal. O cérebro está completamente separado do cerebelo posteriormente, por uma profunda **fissura transversa do cérebro** (Figura 14-3).

F 14-3

Áreas Funcionais do Córtex do Cérebro

Com base nos efeitos da estimulação elétrica de áreas específicas do córtex do cérebro em humanos; observações das manifestações clínicas de doenças do encéfalo ou lesões; e resultados obtidos de experimentos detalhados em mamíferos, determinou-se a correspondência de certas áreas do córtex com funções específicas. Algumas dessas áreas foram mapeadas de uma forma precisa e numeradas em um sistema denominado *classificação de Brodmann*, mas para a presente descrição, é suficiente se considerar somente os locais gerais das áreas

F 14-4 funcionais principais (Figura 14-4). Deve-se ter em mente, contudo, que a figu-

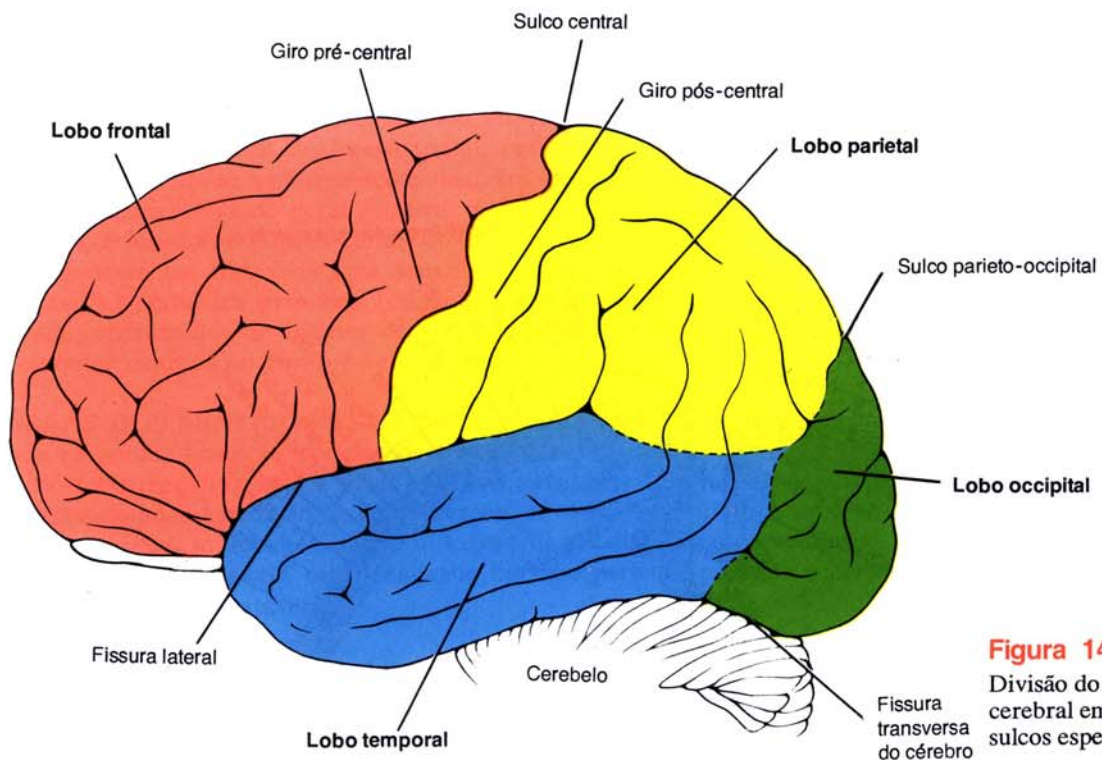


Figura 14-3
Divisão do hemisfério cerebral em lobos, através de sulcos específicos.

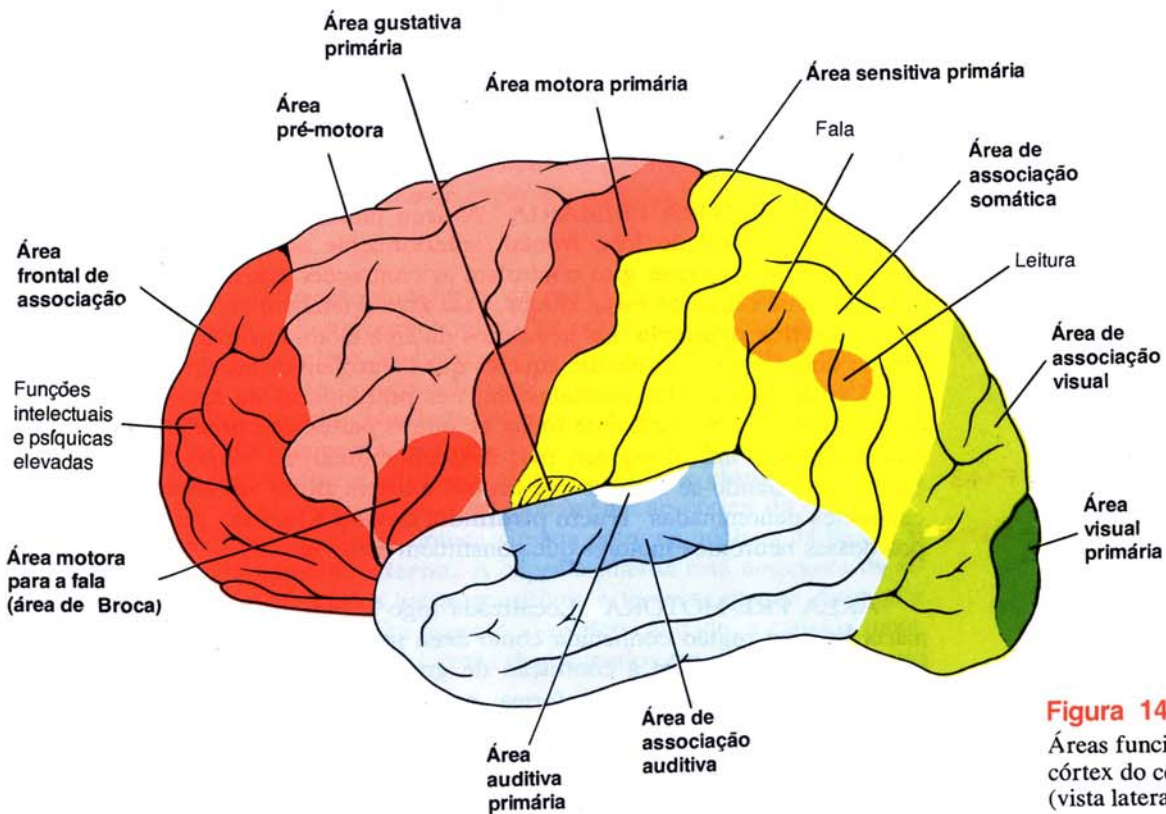


Figura 14-4
Áreas funcionais gerais do córtex do cérebro esquerdo (vista lateral).

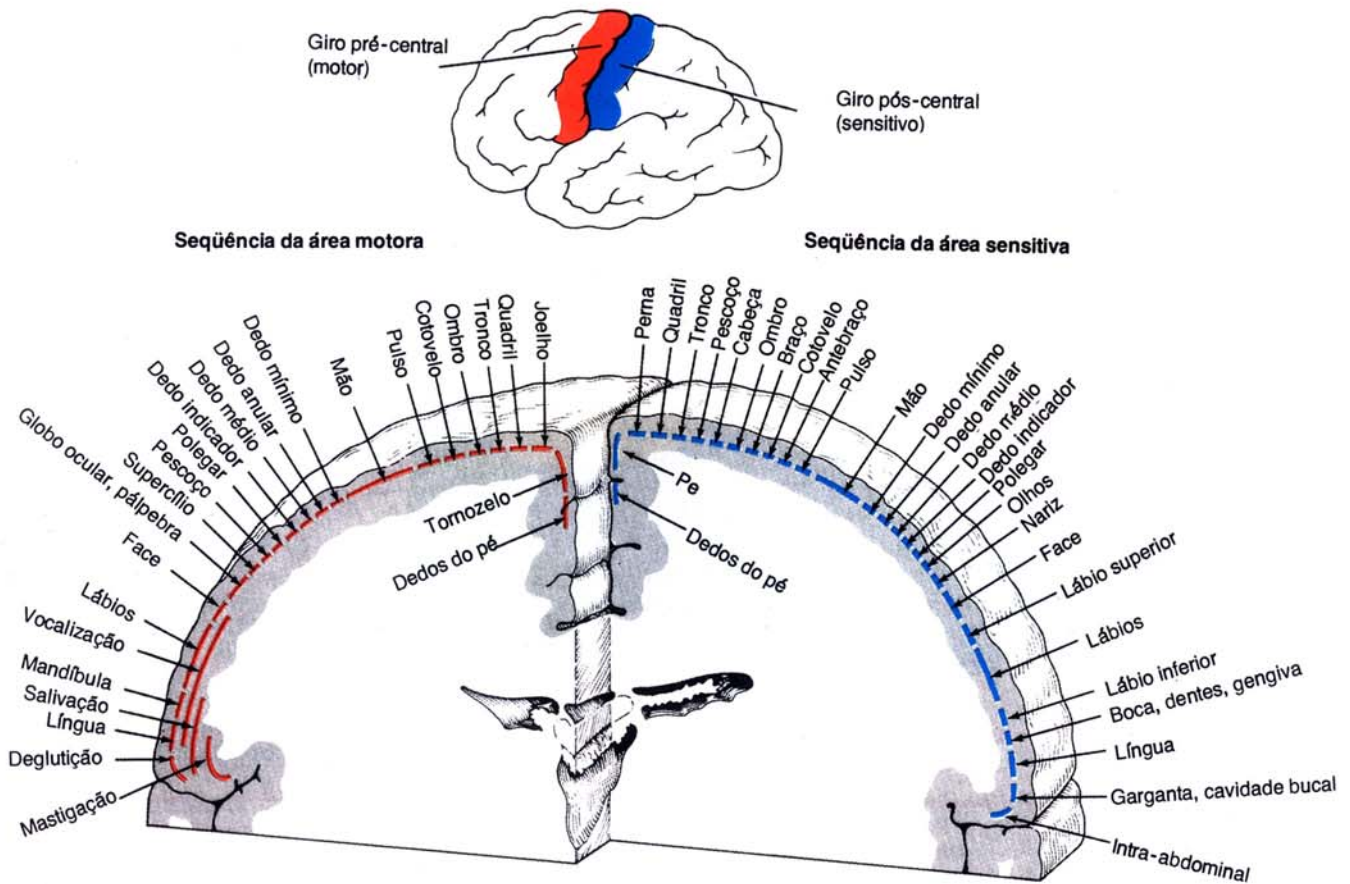


Figura 14-5

Secção frontal do cérebro. *Metade esquerda:* giro pré-central, mostrando as localizações dos neurônios no córtex do cérebro que controlam movimentos voluntários de estruturas específicas. *Metade direita:* giro pós-central, mostrando as localizações das regiões do córtex do cérebro que recebem impulsos nervosos sensitivos, de estruturas específicas do corpo.

F 14-4 ra 14-4 representa uma simplificação de um órgão muito complexo: nenhuma área do encéfalo funciona independentemente de outra. Por causa das extensas conexões entre as várias áreas corticais por fibras comissurais e de associação, qualquer função atribuída a uma área cortical específica na realidade envolve várias áreas corticais.

F 14-5

ÁREA MOTORA PRIMÁRIA A área motora primária está localizada no giro pré-central do lobo frontal, anteriormente ao sulco central. Uma vez que os neurônios nesse giro controlam as contrações conscientes e voluntárias dos músculos estriados esqueléticos, essa área é também denominada **área motora somática primária**. Os neurônios da área motora primária estão distribuídos de uma forma organizada: aqueles que controlam os movimentos dos dedos do pé estão localizados medialmente, nas profundezas da fissura longitudinal do cérebro; os que controlam todas as outras partes do corpo se localizam em uma seqüência lateral regular, mas desproporcional, ao longo do giro (Figura 14-5). Originando-se no giro pré-central existem fibras nervosas motoras descendentes denominadas **tracto piramidal devido à forma** piramidal dos corpos desses neurônios motores que constituem essa via.

ÁREA PRÉ-MOTORA Localizada logo anteriormente à área motora primária há uma região conhecida como **área pré-motora**. Os neurônios da área pré-motora determinam a contração de grupos musculares em uma seqüência específica, produzindo, desta forma, movimentos estereotipados. Esses movimentos repetitivos estão envolvidos no aprendizado de atividades tais como tocar um instrumento musical ou escrever à máquina. Os neurônios motores que possuem seus corpos celulares localizados na área pré-motora transitam pelos **tractos extrapiramidais**. Na margem inferior da área pré-motora está uma área motora associada com a fala. Essa região, denominada área da palavra falada

(**área de Broca**) parece estar localizada, na maioria dos indivíduos, no hemisfério cerebral esquerdo.

ÁREA SENSITIVA PRIMÁRIA Localizada posteriormente ao sulco central no giro pós-central do lobo parietal, está a **área sensitiva primária**. Nesta área encontram-se as terminações das vias sensitivas que transportam informações de sensibilidade geral relativas a temperatura, tato, pressão, dor e propriocepção do corpo para o córtex do cérebro. Essas sensações atingem o nível consciente no córtex da área sensitiva primária – também denominada **área sensitiva somática primária** (ou *área somestésica*). Os neurônios sensitivos estão organizados no interior do giro pós-central de uma forma similar à dos neurônios motores no giro pré-central (Figura 14-5).

F 14-5

ÁREAS DOS SENTIDOS ESPECIAIS A **área visual primária** está localizada na porção posterior do lobo occipital. Situada ao longo da margem superior do lobo temporal, está a **área auditiva primária**, que recebe impulsos nervosos associados à audição. A área referente ao sentido do olfato, a **área olfatória primária**, se localiza sobre a superfície medial do lobo temporal. A **área gustativa primária** está localizada no lobo parietal, próxima à parte mais inferior do giro pós-central.

ÁREAS DE ASSOCIAÇÃO Circundando essas áreas primárias sensitivas e motoras existem várias áreas de associação contendo neurônios que interconectam as diversas áreas motoras e sensitivas. As áreas de associação desta forma relacionam as várias atividades que ocorrem no encéfalo.

A **área de associação frontal**, localizada anteriormente à área pré-motora, é considerada o local de origem das atividades intelectuais superiores características dos seres humanos. Essas atividades incluem previsão, capacidade de julgamento, e capacidade de selecionar um comportamento apropriado de acordo com as circunstâncias.

A **área da associação somática** está localizada sobre o lobo parietal, posteriormente à área sensitiva primária. Esse centro de integração e interpretação torna possível se determinar a forma, textura e orientação de um objeto, sem que seja necessário vê-lo, e informar as relações entre as partes do corpo.

Situada posteriormente à área de associação somática, está a **área de associação visual**, e no lobo temporal está uma **área de associação auditiva**. Essas áreas contribuem para a interpretação de experiências visuais e auditivas.

Núcleos da Base

Localizados profundamente no interior de cada hemisfério cerebral existem várias massas de substância cinzenta conhecidas no conjunto como **núcleos da base** (Figura 14-6). Os núcleos, que são envolvidos por substância branca, são compostos de grupos de corpos celulares. Pertencem aos núcleos da base, os seguintes núcleos: o **núcleo caudado**, alongado e arqueado; o **corpo amigdalóide**, que se localiza na ponta da cauda do núcleo caudado; o **núcleo lentiforme**, que está subdividido em **putame** e **globo pálido**; e o **claustró**, uma fina camada de substância cinzenta, situada profundamente ao córtex da ínsula (Figura 14-7). A faixa de substância branca situada entre os núcleos da base e o tálamo é denominada **cápsula interna**. A cápsula interna está composta de fibras de projeção da maioria dos tractos sensitivos e motores que se dirigem e partem do córtex. Por causa do seu aspecto, o núcleo caudado, a cápsula interna e o núcleo lentiforme são algumas vezes denominados em conjunto do **corpo estriado** (“corpo riscado”).

F 14-6

F 14-7

Os núcleos da base, como os neurônios do giro pós-central, estão envolvidos em funções somáticas motoras. Por estarem localizados no limite do giro pré-central, os núcleos da base fazem parte do *sistema extrapiramidal*. Em outras palavras, as atividades motoras somáticas do corpo são controladas tanto pelos neurônios piramidais do córtex do cérebro como pelos neurônios motores ló-

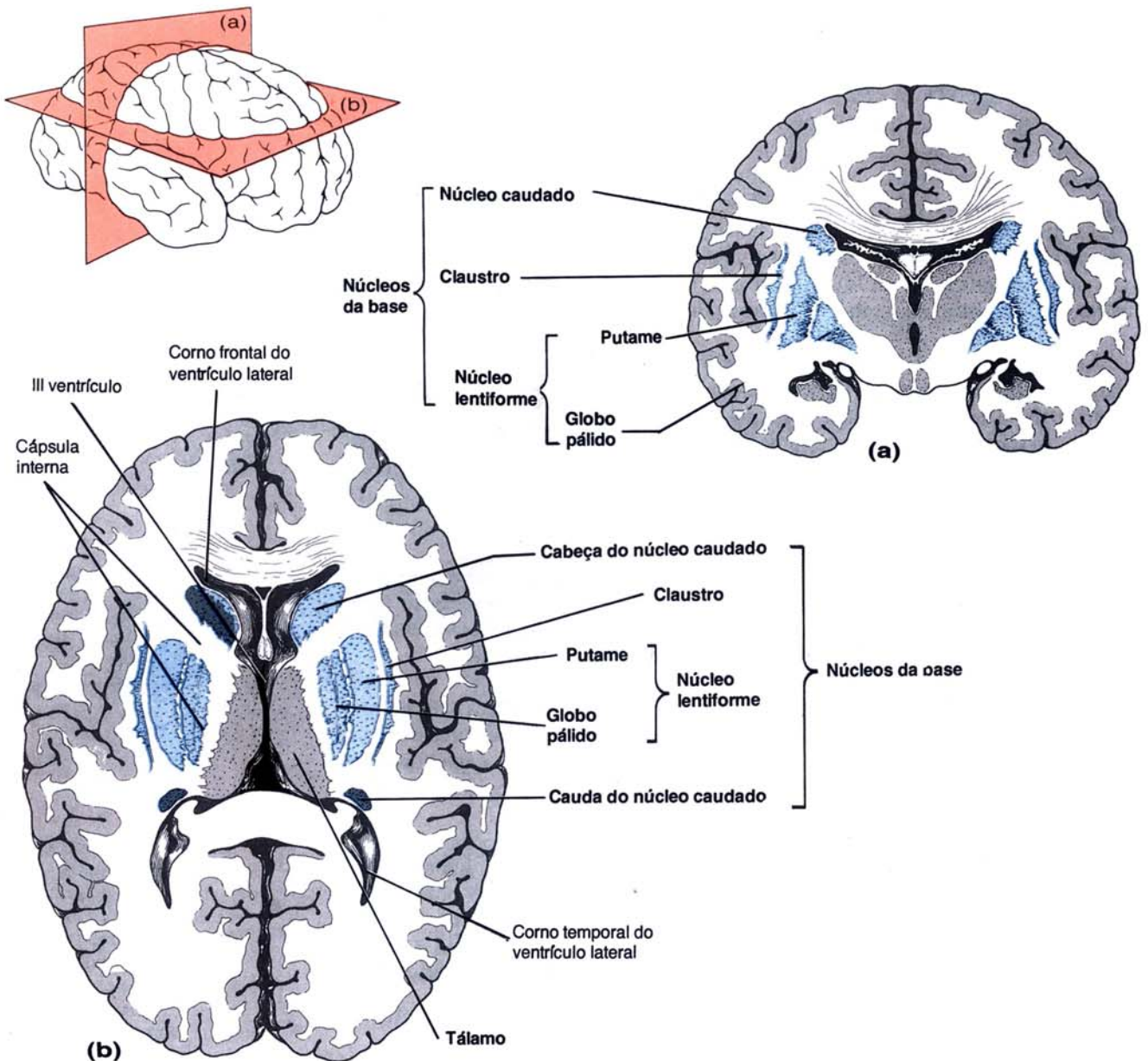


Figura 14-6

Seções do encéfalo mostrando os núcleos da base (azul) e o tálamo. (a) Seção frontal do cérebro e diencéfalo. (b) Seção transversal.

calizados em outros locais do cérebro (sistema extrapiramidal), incluindo os núcleos da base e a área pré-motora. Ao contrário dos tractos piramidais, contudo, os neurônios dos núcleos da base parecem *inibir* a função motora. Essa inibição, juntamente com efeitos estimulatórios do sistema piramidal, proporcionam um meio pelo qual os movimentos musculares podem ser precisamente controlados. Desarranjos nos núcleos da base resultam em contrações involuntárias dos músculos esqueléticos tais como rigidez muscular e tremores persistentes dos membros associados com o mal de Parkinson.

Bulbos Olfatórios

F 14-8 Sobre a superfície ventral (face inferior) de cada hemisfério cerebral existe um **bulbo olfatório** e o seu respectivo **tractos olfatório** (Figura 14-8). Essas estruturas, relacionadas ao sentido do olfato, localizam-se na porção do encéfalo denominada *rinencéfalo*. Os neurônios do **nervo olfatório** (primeiro nervo craniano) partem da mucosa da cavidade do nariz e através da lâmina crivosa do osso

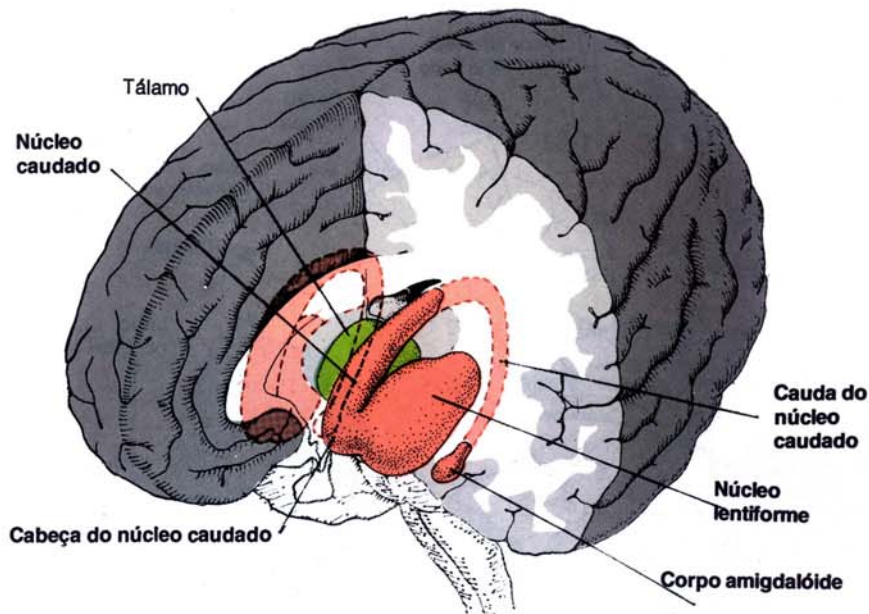


Figura 14-7
Aspecto tridimensional das relações entre as estruturas que constituem os núcleos da base.

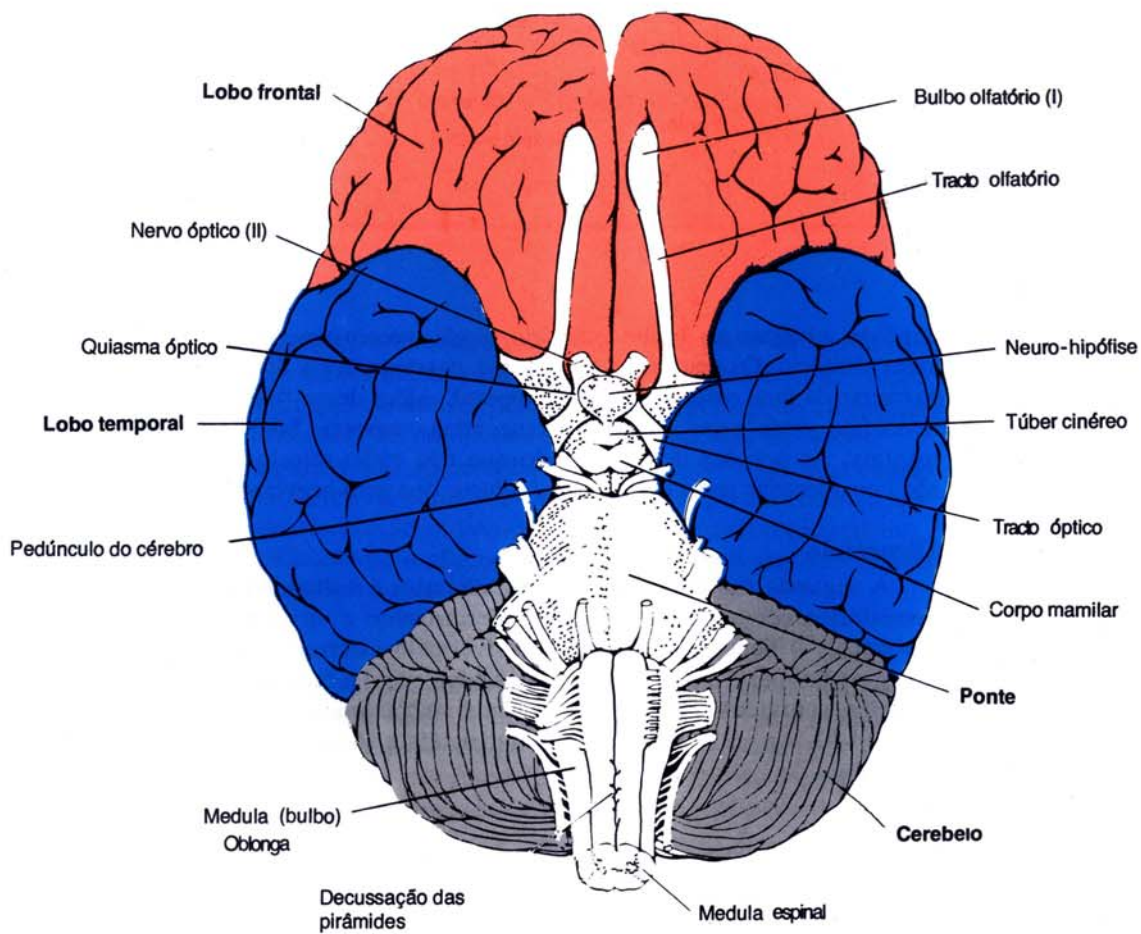


Figura 14-8
Vista inferior do encéfalo.

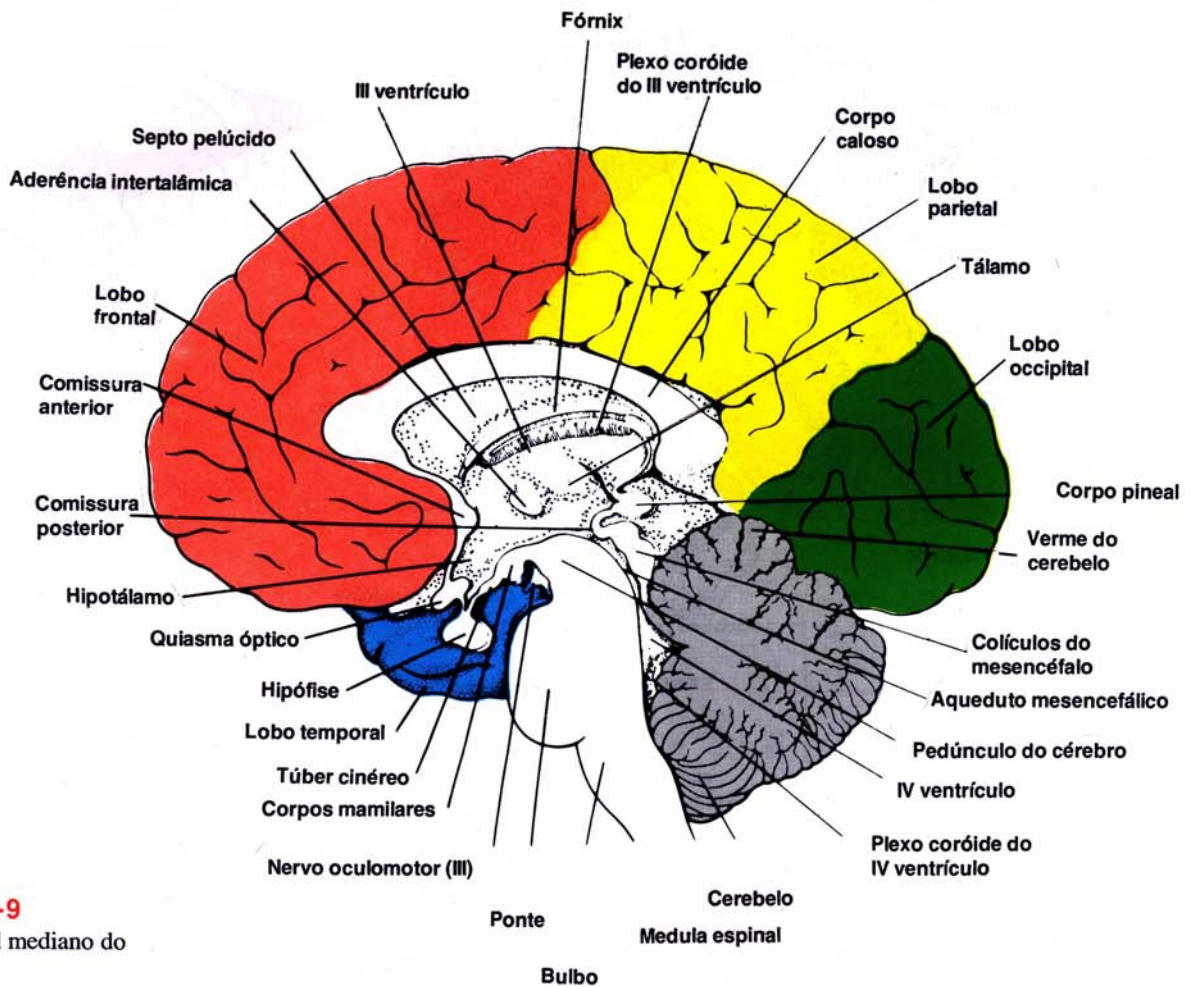


Figura 14-9

Corte sagital mediano do encéfalo.

etnóide, chegam ao bulbo olfatório, onde trocam sinapses com neurônios do tracto olfatório. Os neurônios dos tractos passam para a área olfatória do córtex do cérebro da face medial do lobo temporal. Além dessa função de olfação, o rinencéfalo pode estar envolvido em certas respostas emocionais e comportamentais. As porções do rinencéfalo que não estão relacionadas com a olfação são consideradas parte do *sistema límbico*, que será brevemente considerado.

Diencefalo

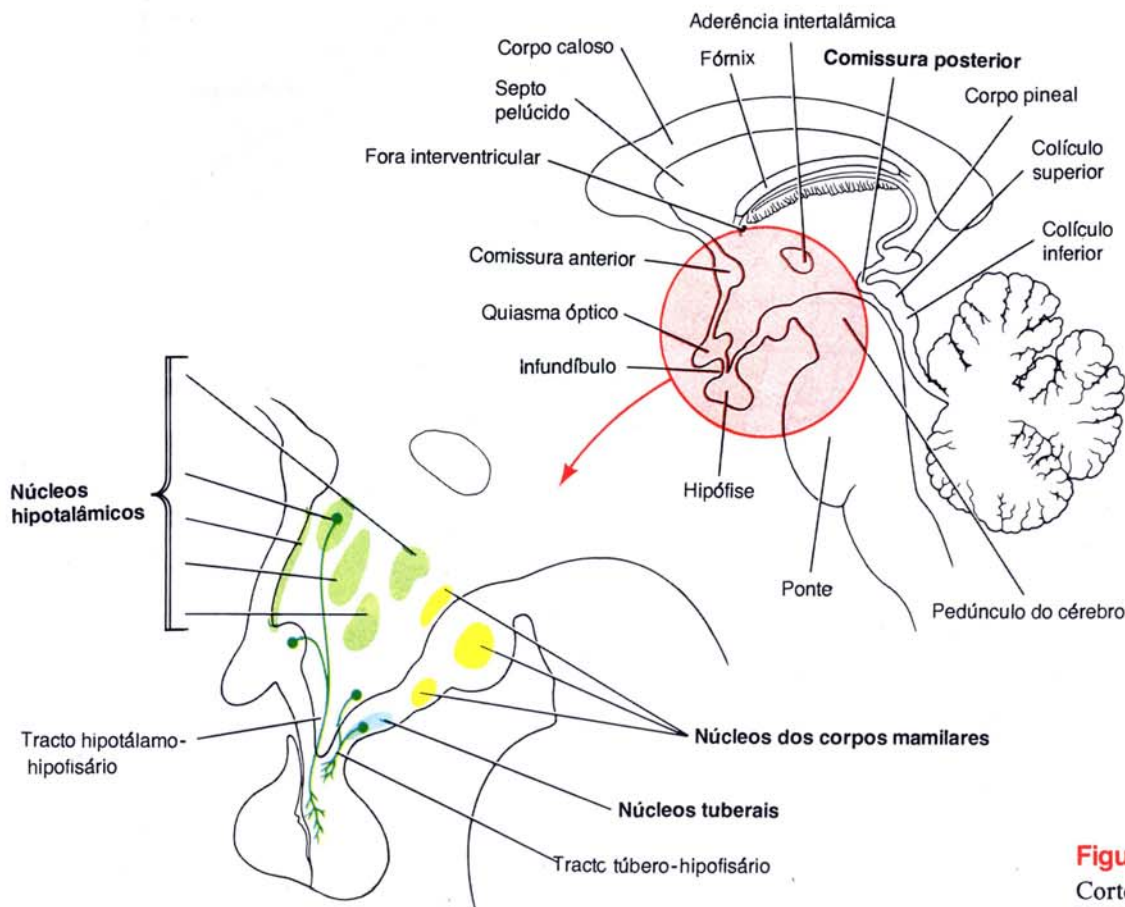
A segunda subdivisão do encéfalo anterior é o **diencefalo**. Uma vez que os hemisférios cerebrais se estendem inferiormente e envolvem quase que completamente o diencefalo, ele não é visível pelo exterior do encéfalo, exceto por uma porção que é observada quando se evidencia a face inferior do encéfalo. O **terceiro ventrículo** forma uma cavidade mediana no interior do diencefalo (Figura 14-9). As principais porções do diencefalo são o **tálamo**, o **hipotálamo** e o **epitálamo**.

F 14-9

Tálamo

O **tálamo** consiste de duas massas ovóides de substância cinzenta que formam as paredes laterais do terceiro ventrículo (Figura 14-6). Uma pequena ponte, a **aderência intertalâmica**, atravessa o terceiro ventrículo e interliga as duas massas talâmicas. Cada tálamo está profundamente situado em um hemisfério cerebral e limitado lateralmente pela cápsula interna. O tálamo possui mais de 20 núcleos (agrupamentos de corpos celulares) separados funcional-

F 14-6

**Figura 14-10**

Corte sagital mediano mostrando os núcleos do hipotálamo.

mente. Em relação à função, o tálamo atua como o principal relé sensitivo e centro integrador do encéfalo. Exceto para os tractos associados com a olfação, todas as fibras sensitivas que caminham para as áreas de percepção consciente no córtex do cérebro, trocam sinapse no interior de um dos núcleos talâmicos.

Do tálamo, os impulsos são encaminhados diretamente para uma região sensitiva específica do córtex do cérebro ou para outras áreas do encéfalo que atuam como centros de associação (como os núcleos da base e o hipotálamo). Além do papel na sensibilidade, o tálamo também está envolvido com alguns tractos motores que saem do córtex do cérebro.

Hipotálamo

Como o nome indica, o **hipotálamo** está situado abaixo do tálamo, onde ele forma parte das paredes e assoalho do terceiro ventrículo. Como o tálamo, o hipotálamo está composto de vários núcleos, cada um envolvido em uma função específica (Figura 14-10). Várias estruturas hipotalâmicas são visíveis externamente, incluindo os *corpos mamilares*, *túber cinéreo*, *infundíbulo* e o *quiasma óptico*.

Os **corpos mamilares** são duas estruturas pequenas e arredondadas que se salientam na face inferior do encéfalo, posteriormente ao infundíbulo. Os corpos mamilares funcionam como estações intermediárias (relés) para os neurônios olfatórios e estão envolvidos nos reflexos olfatórios.

Localizado logo anteriormente aos corpos mamilares está o **túber cinéreo**, que contém neurônios que transportam hormônios reguladores (ou fatores) do

F 14-10

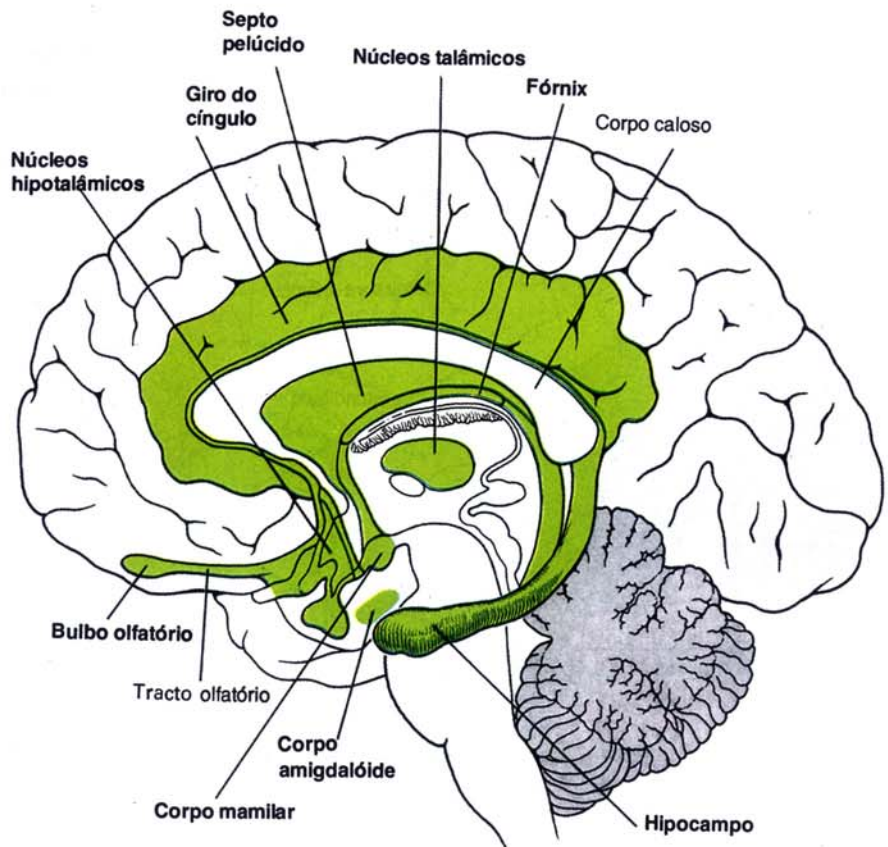


Figura 14-11

Estruturas que constituem o sistema límbico.

hipotálamo para a adeno-hipófise através do infundíbulo, pelas veias do sistema porta-hipofisário (Capítulo 18). Os neurônios do túbulo cinéreo formam o *tracto túbero-hipofisário*.

Estendendo-se inferiormente do túbulo cinéreo, aparece uma estrutura em forma de pedúnculo, o **infundíbulo**. Fibras nervosas de alguns dos núcleos hipotalâmicos, bem como aquelas do túbulo cinéreo, atravessam o infundíbulo a caminho da neuro-hipófise. Essas fibras nervosas, que formam o *tracto hipotálamo-hipofisário*, transportam vários hormônios (oxitocina e ADH) sintetizados nos núcleos hipotalâmicos e liberados pela hipófise posterior.

Anteriormente ao infundíbulo está o **quiasma óptico**, que é formado pela decussação (cruzamento) de alguns neurônios dos nervos ópticos.

O hipotálamo controla vários processos vitais, muitos deles associados com o sistema nervoso autônomo. Alguns dos núcleos hipotalâmicos têm sido identificados experimentalmente como reguladores da atividade simpática; outros controlam as funções parassimpáticas. O hipotálamo está envolvido na regulação da temperatura corpórea, balanço hídrico, apetite, atividade gastrointestinal, sexual, e emoções como medo e raiva. O hipotálamo também regula a liberação de hormônios pela hipófise e, desta forma, controla o sistema endócrino (Capítulo 18).

Epitálamo

O **epitálamo**, a região dorsal do diencéfalo, forma um fino teto sobre o terceiro ventrículo. O teto apresenta um plexo coróide localizado em sua face interna. Uma pequena estrutura denominada **corpo pineal (epífise)** se estende posteriormente à porção final do epitálamo. A possível função neuro-endócrina do corpo pineal é discutida no Capítulo 18. A **comissura epitalâmica** se localiza ventralmente ao corpo pineal.

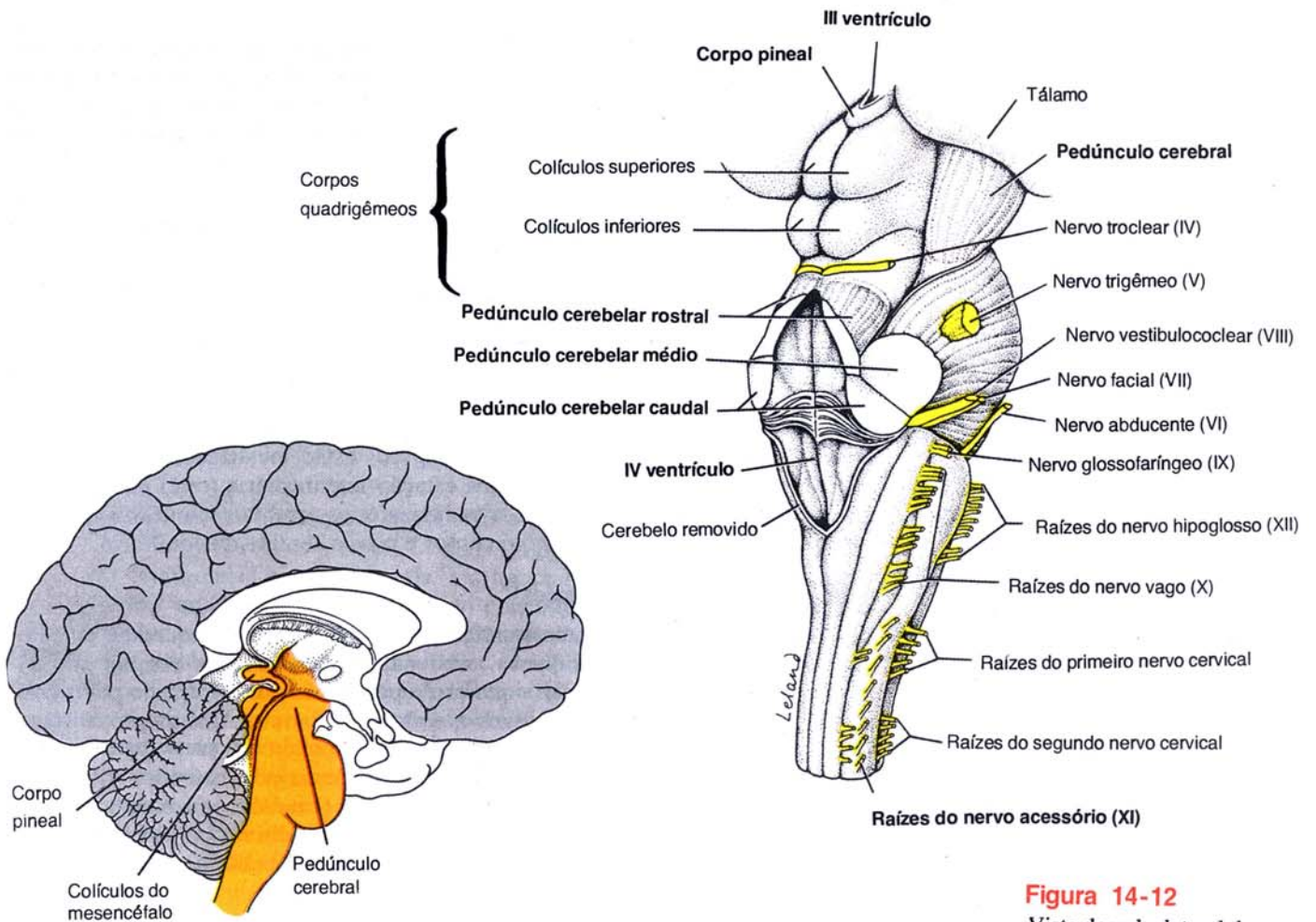


Figura 14-12
 Vista dorsal e lateral do tronco do encéfalo. O cerebelo foi removido.

Sistema Límbico

Embora o controle das emoções seja influenciado pelo hipotálamo, tais reações envolvem uma complexa interação de estruturas em várias regiões diferentes do encéfalo, incluindo o cérebro e o diencéfalo. Um grupo de estruturas coletivamente denominadas **sistema límbico** desempenham um importante controle nas respostas emocionais (Figura 14-11). O sistema límbico inclui os **bulbos olfatórios**; o **septo pelúcido**; um feixe de fibras denominado **fórnix**, o qual passa abaixo do corpo caloso em direção aos corpos mamilares do hipotálamo; um giro cerebral denominado **giro do cíngulo**, que se localiza acima do corpo caloso; o **corpo amigdalóide** dos núcleos da base; o **hipocampo**, que é uma parte do cérebro localizada no assoalho do ventrículo lateral próximo ao corpo amigdalóide; os **corpos mamilares**; e vários núcleos **talâmicos** e **hipotalâmicos**.

F 14-11

Em animais experimentais, é possível localizar centros no interior do sistema límbico que respondem a estímulos elétricos como se eles fossem agradáveis (“centros de prazer”) e outros centros que respondem a estímulos como se eles fossem desagradáveis (“centros de aversão”). Sob condições experimentais, uma ampla variedade de padrões emocionais de comportamento tem sido produzida por estimulação ou remoção de regiões específicas do sistema límbico. Todavia, se supõe que interações entre as estruturas do sistema límbico regulam o comportamento emocional.

Mesencéfalo

O **mesencéfalo (encéfalo médio)** é uma região curta e estreita entre o encéfalo anterior e o posterior. No interior do mesencéfalo se situa um pequeno canal, o **aqueduto do mesencéfalo** (*aqueduto cerebral, aqueduto de Sylvius*) (Figura 14-14), que une o terceiro ventrículo do diencéfalo ao quarto ventrículo, do metencéfalo.

Pedúnculos do Cérebro

F 14-12

Na superfície anterior do mesencéfalo existem duas saliências cilíndricas denominadas **pedúnculos do cérebro** (Figura 14-12). Os pedúnculos estão compostos de fibras nervosas motoras que trafegam da área motora primária do córtex do cérebro para a ponte e medula espinal e fibras sensitivas que partem da medula espinal rumo ao tálamo. O **nervo oculomotor (terceiro nervo craniano)**, emerge entre os pedúnculos, na **fossa interpeduncular**. No interior do mesencéfalo, entre os pedúnculos e o aqueduto do mesencéfalo, está uma pequena ilha de substância cinzenta denominada **núcleo rubro**. Os corpos dos neurônios que compõem o *tracto rubrospinal* estão localizados no núcleo rubro. O núcleo rubro serve como uma estação intermediária (relé) na coordenação de impulsos entre o cerebelo e os hemisférios cerebrais, contribuindo desta forma para a coordenação de movimentos e para o sentido do equilíbrio.

Colículos (Corpos Quadrigêmeos)

F 14-12

A superfície dorsal do mesencéfalo, que forma o teto do aqueduto do cérebro, consiste de quatro saliências arredondadas denominadas **corpos quadrigêmeos** (Figura 14-12). O par superior de proeminências é formado pelos **colículos superiores** (rostrais). Alguns neurônios dos *tractos* ópticos provenientes da retina do olho passam pelos colículos superiores onde eles participam de atividades relacionadas a determinadas respostas reflexas aos estímulos visuais. O par inferior de saliências, os **colículos inferiores** (caudais) atuam como estação intermediária e centros de reflexos para estímulos auditivos. O **nervo troclear (IV nervo craniano)** emerge do teto do mesencéfalo, abaixo dos colículos inferiores.

Metencéfalo

As principais estruturas do **metencéfalo**, que é a porção mais superior do encéfalo posterior, são o *cerebelo* e a *ponte*. O aqueduto do mesencéfalo se expande para o **quarto ventrículo** do metencéfalo. A porção inferior do quarto ventrículo se estende para o mielencéfalo. Como ocorre em todos os ventrículos encefálicos, há um plexo coróide na fina membrana que forma o teto do quarto ventrículo.

Cerebelo

F 14-8,
F 14-9

Projetando-se da superfície dorsal do metencéfalo, o **cerebelo** (Figuras 14-8 e 14-9) está separado dos hemisférios do cérebro por uma membrana resistente denominada *tentório do cerebelo*. O tentório penetra na fissura transversa do cérebro e suporta os lobos occipitais do cérebro, minimizando desta forma a pressão que os lobos exercem sobre o cerebelo.

O cerebelo está composto por dois **hemisférios cerebelares** conectados na linha mediana por uma estrutura denominada **verme cerebelar**. A superfície do cerebelo consiste de um fino córtex de substância cinzenta. O córtex mergulha profundamente abaixo da superfície aparente do cerebelo de uma forma similar às fissuras e sulcos do cérebro, muito embora as fissuras cerebelares sejam mais paralelas, dando a aparência de uma série de placas achatadas. As saliências entre as fissuras são denominadas **folhas cerebelares**.

F 14-12

O cerebelo está unido ao mesencéfalo por um par de *tractos* denominados **pedúnculos cerebelares rostrais**; à ponte por um par de **pedúnculos cerebelares médios**; e ao bulbo por um par de **pedúnculos cerebelares caudais** (Figura 14-12). Os pedúnculos cerebelares rostrais (superiores) estão compostos principalmente por fibras nervosas eferentes do cerebelo; o médio e o caudal (inferior) estão compostos principalmente de fibras nervosas aferentes que transmitem

impulsos da ponte e do bulbo para o cerebelo. Essas interconexões extensivas com outras regiões do sistema nervoso central suprem o cerebelo com aferências e eferências amplamente difundidas.

O cerebelo coordena as atividades dos músculos esqueléticos através de informações sensitivas a ele levadas pelos receptores para propriocepção, equilíbrio. Além disso, o cerebelo recebe alguns impulsos sensitivos referentes a tato, visão e audição; a coordenação ocorre através dos impulsos motores enviados do cerebelo para centros encefálicos elevados. Em particular, impulsos nervosos do cerebelo podem determinar seqüências específicas de movimento para a área motora primária do córtex do cérebro, que então se encarrega de levá-las para fora. Um indivíduo que lesionou o cerebelo apresenta fraqueza muscular, perda do tono muscular, e movimentos descoordenados. Todas as funções nas quais o cerebelo se acha envolvido, ocorrem em nível inconsciente. Desta maneira, o cerebelo é capaz de mediar determinadas respostas sem que elas atinjam o nível consciente.

Ponte

F 14-8,
F 14-9

A **ponte**, que está localizada na superfície ventral do metencéfalo, consiste de feixes de **tractos nervosos** e vários núcleos (Figuras 14-8 e 14-9). Os **tractos** da ponte são transversais e longitudinais. Os **tractos longitudinais** são compostos por neurônios que passam pelo tronco do encéfalo e pelo cerebelo. Os **tractos transversais** consistem de neurônios que penetram nos hemisférios cerebelares através dos pedúnculos cerebelares médios. A ponte funciona principalmente como um meio de união entre o cérebro, tronco do encéfalo e cerebelo, proporcionando conexões entre níveis altos e baixos do sistema nervoso central. O córtex do cérebro em particular, realiza muitas das suas conexões com o cerebelo através de **tractos de fibras nervosas** que passam pela ponte. Além dessas funções, o estímulo de núcleos localizados na ponte afetam o padrão de respiração. Os núcleos dos nervos cranianos **trigêmeo (V)**, **abducente (VI)**, **facial (VII)**, e **vestibulococlear (VIII)** estão localizados na ponte.

Mielencéfalo

O **mielencéfalo**, a divisão mais inferior do encéfalo, também é conhecido como **medula oblonga** (ou bulbo). O bulbo, a ponte, e o mesencéfalo juntos formam o **tronco do encéfalo**. Caudalmente, o bulbo se continua com a medula espinal. A cavidade do bulbo forma a porção inferior do quarto ventrículo e se continua pelo interior da medula espinal como o canal central da medula.

F 14-8

Sobre a face ventral do bulbo, existem duas colunas extensas de **tractos** de fibras nervosas denominadas **pirâmides**. As pirâmides apresentam os mesmos **tractos motores** que são observados nos pedúnculos do cérebro. Desta forma, os **tractos** nas pirâmides levam impulsos nervosos motores voluntários da área motora primária do córtex do cérebro. Os **tractos** das pirâmides continuam pela medula espinal como **tractos corticospinais** (abordados posteriormente neste capítulo). Algumas das fibras das pirâmides cruzam o plano mediano, indo de uma pirâmide a outra. Esse cruzamento, denominado **decussação das pirâmides**, é visível na superfície ventral do bulbo, no sulco que separa as pirâmides entre si (Figura 14-8). Como uma consequência da decussação desses **tractos**, áreas motoras localizadas de um lado do córtex do cérebro podem controlar os movimentos musculares do lado oposto do corpo.

O bulbo também apresenta núcleos que originam os quatro últimos nervos cranianos: o **glossofaríngeo (IX)**, o **vago (X)**, a porção craniana do **acessório (XI)** e o **hipoglosso (XII)**.

Formação Reticular

No interior do bulbo existe uma região de substância cinzenta contendo uma malha de fibras nervosas interlaçadas denominada **formação reticular**. A formação reticular se estende através do tronco do encéfalo e chega até ao dien- céfalo. Além de receber impulsos nervosos do cerebelo, núcleos da base e de

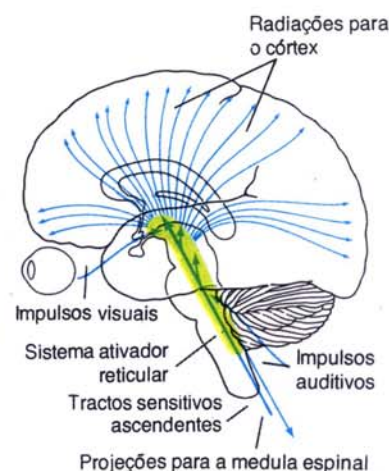


Figura 14-13

Representação esquemática da formação reticular. As setas indicam a entrada e a saída do sistema ativador reticular.

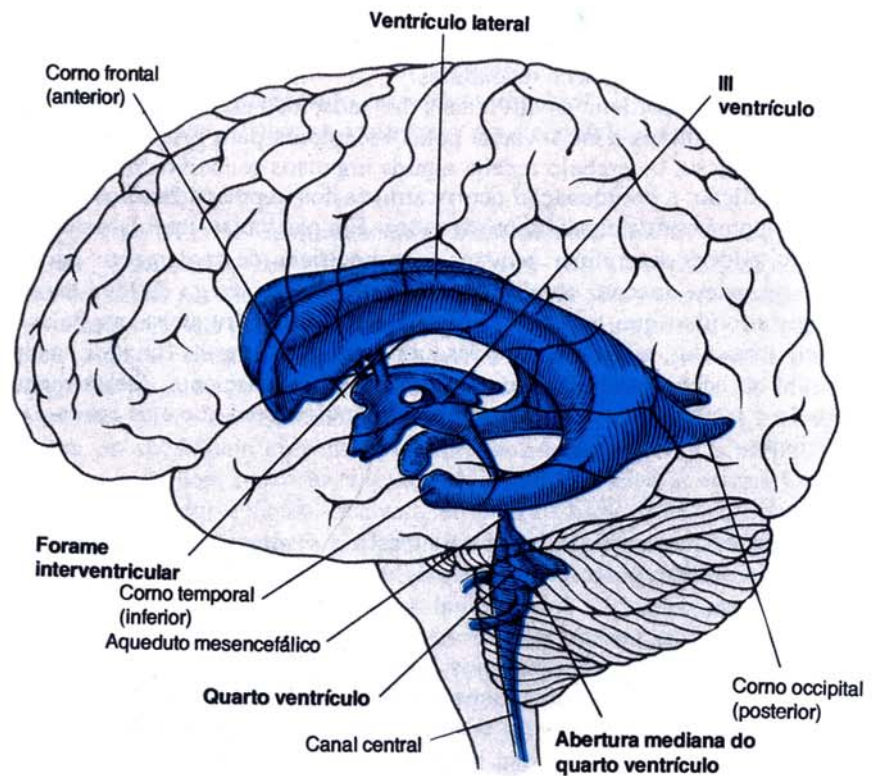


Figura 14-14

Ventrículos encefálicos representados como se eles pudessem ser observados através da superfície do encéfalo.

vários outros núcleos do encéfalo, a formação reticular também recebe impulsos de todos os tractos sensitivos quando eles ascendem pelo bulbo.

F 14-13 Impulsos selecionados que passam pela formação reticular são enviados ao córtex do cérebro, e o ativam (Figura 14-13). Por exercer controle sobre o córtex do cérebro, a formação reticular é considerada como um sistema ativador ou de alerta que é essencial na manutenção do estado de alerta e vigília. Por esta razão, ela também é conhecida como **sistema ativador reticular ascendente**. Lesões ou doenças que afetam esse sistema, freqüentemente produzem coma.

Localizados na formação reticular do bulbo, estão os *centros bulbares* que são grupos de neurônios envolvidos no controle de uma variedade de funções vitais tais como freqüência cardíaca, respiração, dilatação e constrição dos vasos sanguíneos, tosse, deglutição e vômito.

Ventrículos Encefálicos

F 14-14 Os ventrículos encefálicos (Figura 14-14) desenvolvem-se como expansões da luz do tubo neural primitivo e formam um sistema contínuo no encéfalo, preenchido por líquido. O teto de cada ventrículo é delgado e não apresenta neurônios. Cada ventrículo possui, contudo, uma rede de capilares – denominados **plexo coróide** – que está unido com o seu teto. Esses plexos, juntamente com as células de epêndima que os recobrem, são locais de produção do **líquido cerebrospinal**. O líquido preenche os ventrículos encefálicos, o canal central da medula espinhal e o espaço subaracnóide (Figura 14-15).

F 14-15 Se ar é injetado nos ventrículos, eles podem ser observados através dos raios X. Esse procedimento é utilizado para se detectar a presença de tumores ou lesões do encéfalo, que distorcem os contornos normais dos ventrículos.

Ventrículos Laterais

No interior de cada hemisfério cerebral há um **ventrículo lateral** que apresenta sua porção maior localizada no lobo parietal. Extensões dessa porção se projetam para o lobo frontal (*cornu anterior* ou *frontal*), o lobo occipital (*cornu*

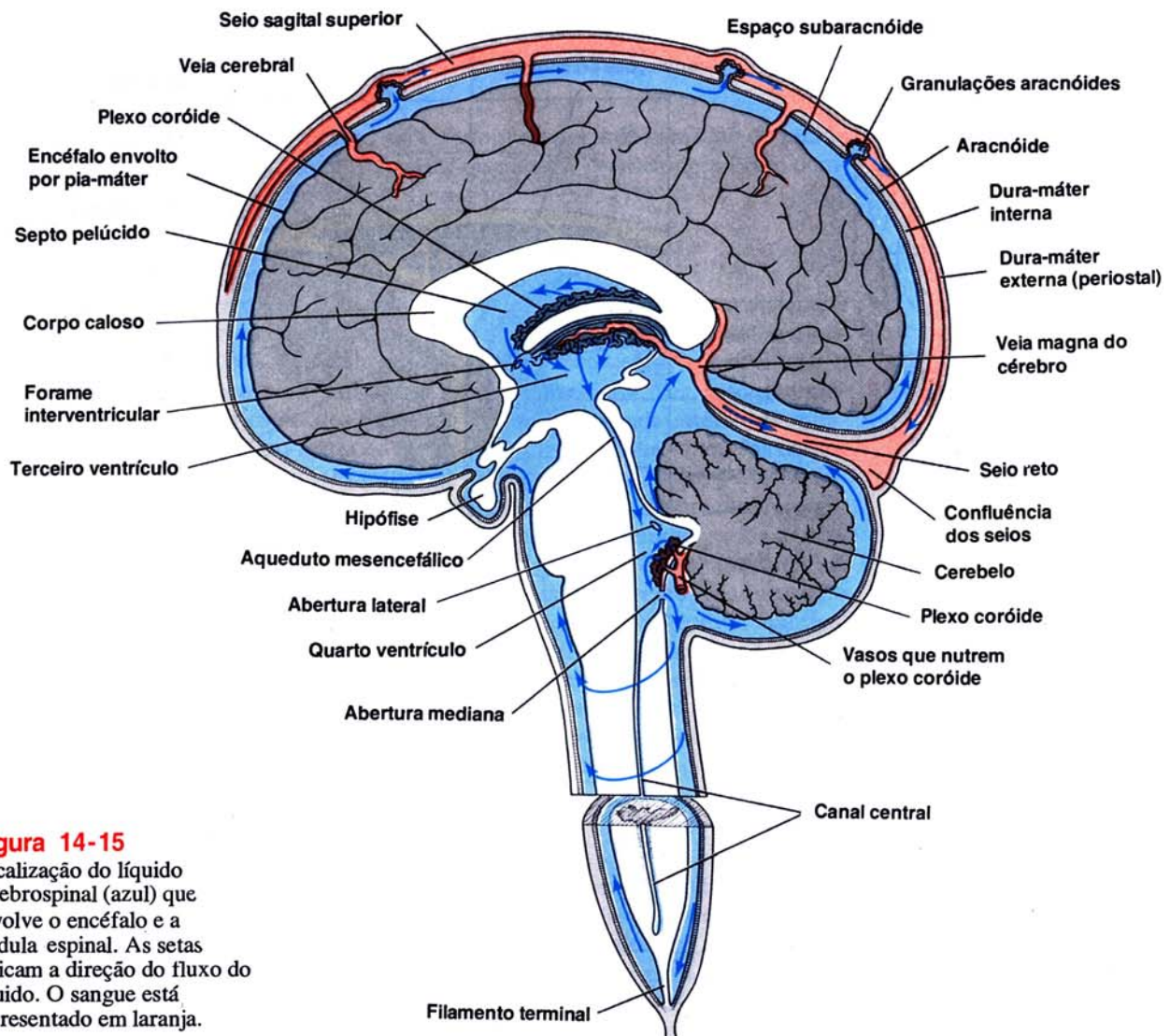


Figura 14-15

Localização do líquido cefalorraquidiano (azul) que envolve o encéfalo e a medula espinhal. As setas indicam a direção do fluxo do líquido. O sangue está representado em laranja.

posterior ou *occipital*), e lobo temporal (*cornio inferior* ou *temporal*). Os ventrículos laterais estão separados entre si por uma parede vertical delgada denominada **septo pelúcido** (Figura 14-9). Cada ventrículo lateral se comunica com o terceiro ventrículo por uma pequena abertura conhecida como **forame interventricular** (*forame de Monro*).

F 14-9

Terceiro Ventrículo

O **terceiro ventrículo** é uma câmara estreita situada na linha mediana do diencéfalo. Os tálamos direito e esquerdo formam a maior parte de suas paredes laterais. Uma comissura denominada *aderência intertalâmica* atravessa o ventrículo. O terceiro ventrículo se abre no quarto ventrículo através do **aqueduto do mesencéfalo** (cerebral).

Quarto Ventrículo

O **quarto ventrículo** é uma cavidade piramidal localizada no encéfalo posterior, ventralmente ao cerebelo. Existem duas aberturas nas paredes laterais do quarto ventrículo, conhecidas como **aberturas laterais** (*forames de Luschka*) (Figura 14-15). No teto há uma única abertura, a **abertura mediana** (*forame de Magendie*). Os ventrículos se comunicam através dessas aberturas, com o **espaço subaracnóide** que envolve o encéfalo e a medula espinhal. Inferior-

F 14-15

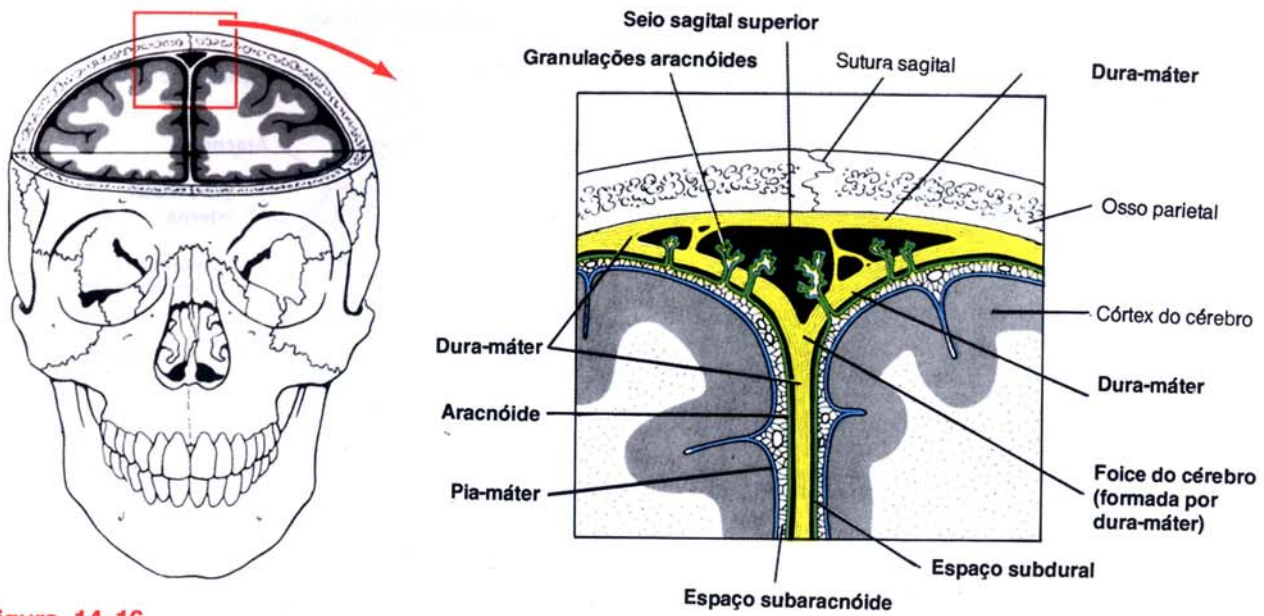


Figura 14-16

Corte frontal mostrando as relações dos seios da dura-máter, meninges, e espaço subaracnóide.

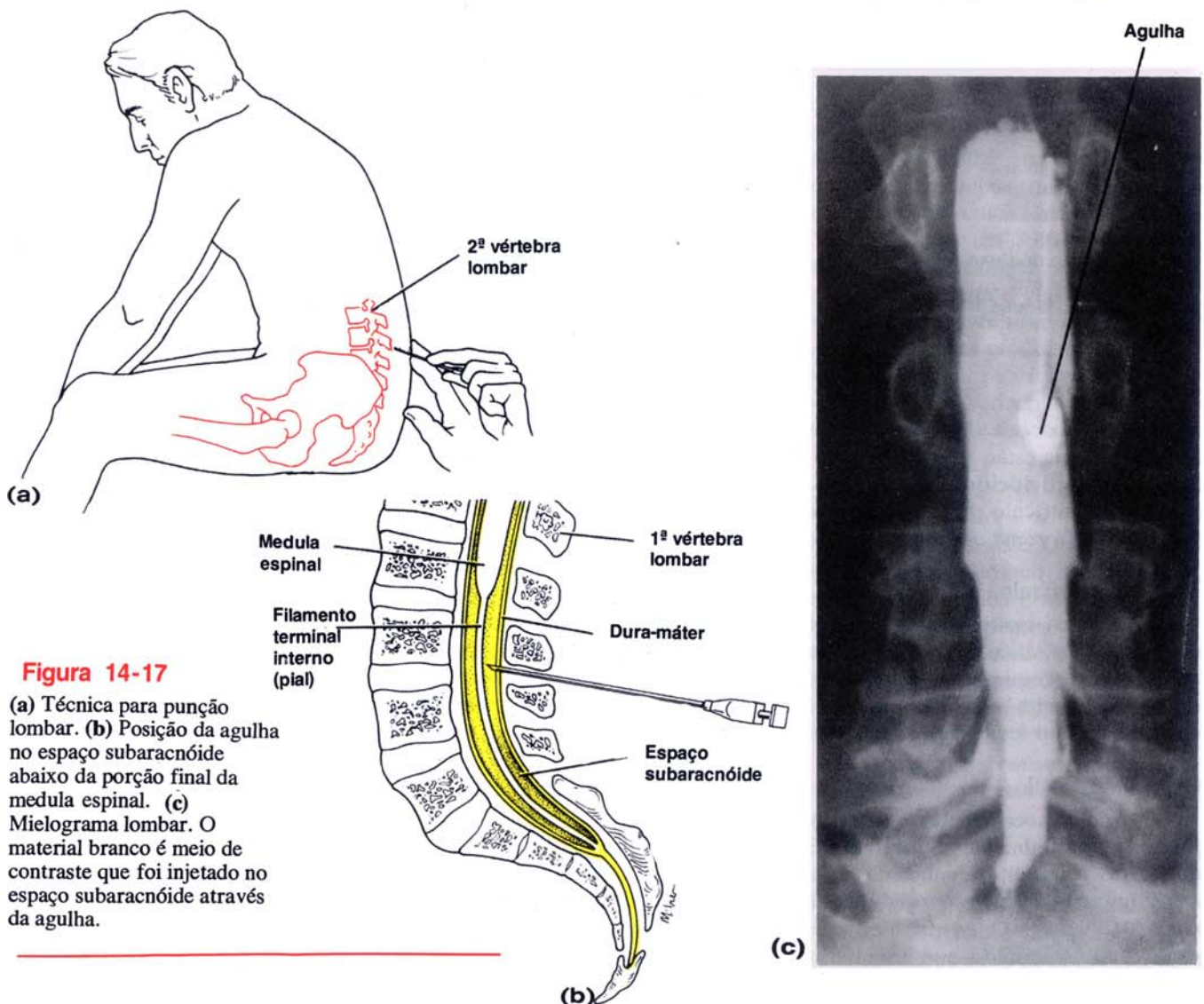


Figura 14-17

(a) Técnica para punção lombar. (b) Posição da agulha no espaço subaracnóide abaixo da porção final da medula espinal. (c) Mielograma lombar. O material branco é meio de contraste que foi injetado no espaço subaracnóide através da agulha.

mente, o quarto ventrículo se continua com o estreito **canal central**, que se estende por toda a medula espinal.

Meninges

Todo o sistema nervoso central está envolvido por três camadas de tecido conjuntivo denominadas no conjunto como **meninges**. As meninges estão compostas pela *dura-máter*, a *aracnóide* e a *pia-máter*.

Dura-máter

A **dura-máter** é a meninge mais externa. Ela é uma membrana resistente e espessa, composta por tecido conjuntivo fibroso. Ao redor do encéfalo, a dura-máter apresenta-se como uma estrutura de duplas paredes (Figuras 14-15 e 14-16). A camada externa da dura-máter adere intimamente aos ossos do crânio, servindo como perióstio dos ossos do crânio. A camada interna da dura-máter é contínua com a dura-máter da medula espinal. As duas camadas da dura-máter que envolvem o encéfalo estão fundidas entre si, na maior parte do encéfalo. Todavia, em determinadas regiões, as camadas estão separadas, formando seios venosos (*seios da dura-máter*) que transportam sangue para as veias jugulares internas do pescoço. A camada interna da dura-máter se aprofunda no interior da fissura longitudinal que separa os hemisférios cerebrais, formando um septo resistente denominado **foice do cérebro**, que está ancorada anteriormente à crista galli do osso etmóide. A camada interna também forma a **foice do cerebelo**, que é um septo resistente localizado entre os hemisférios cerebelares. Outra extensão da dura-máter passa transversalmente na fissura que separa o cérebro do cerebelo, onde ela forma um septo denominado **tentório do cerebelo**. Todas essas extensões da dura-máter ancoram o encéfalo ao interior da cavidade craniana.

F 14-15,

F 14-16

Aracnóide

A **aracnóide** é a meninge média (Figura 14-16) que se localiza logo abaixo da dura-máter. A aracnóide, uma membrana delicada, está intimamente aderida à superfície interna da dura-máter, sendo separada desta por um espaço muito estreito, o **espaço subdural**. Entre a aracnóide e a meninge mais interna, a pia-máter, está o **espaço subaracnóide**, que contém líquido cerebrospinal. O espaço subaracnóide é atravessado por fios semelhantes à teia de aranha, da aracnóide.

F 14-16

Pia-máter

A meninge mais interna é a **pia-máter**. Uma delicada membrana vascular de tecido conjuntivo frouxo, a pia-máter adere intimamente ao encéfalo e à medula espinal, mergulhando profundamente nos sulcos e fissuras dessas estruturas. Nos tetos do ventrículo, a pia-máter e células ependimárias associadas tornam-se modificadas e contribuem na formação dos plexos coróides.

Líquido Cerebrospinal

O **líquido cerebrospinal** é um fluido aquoso com uma composição similar à do plasma sanguíneo e do líquido intersticial. Ele atua como um coxim para todo o sistema nervoso central, protegendo-o contra choques. Além de preencher os ventrículos encefálicos, o líquido também envolve o encéfalo e a medula espinal, de tal maneira que o sistema nervoso central realmente flutua no líquido cerebrospinal e efetivamente se torna mais leve. O líquido cerebrospinal é secretado para o interior dos ventrículos pelos capilares do plexo coróide, e também por células do epêndima que circundam os vasos sanguíneos do cérebro e forram o canal central da medula espinal.

Existe normalmente uma leve pressão nos ventrículos, e o líquido circula vagarosamente dos ventrículos laterais para o terceiro ventrículo e deste para o quarto ventrículo. Do quarto ventrículo, um pouco do líquido flui para o canal central da medula espinal, mas a maior parte dele atravessa as aberturas existentes no teto do quarto ventrículo (uma mediana; duas laterais) e atinge o es-

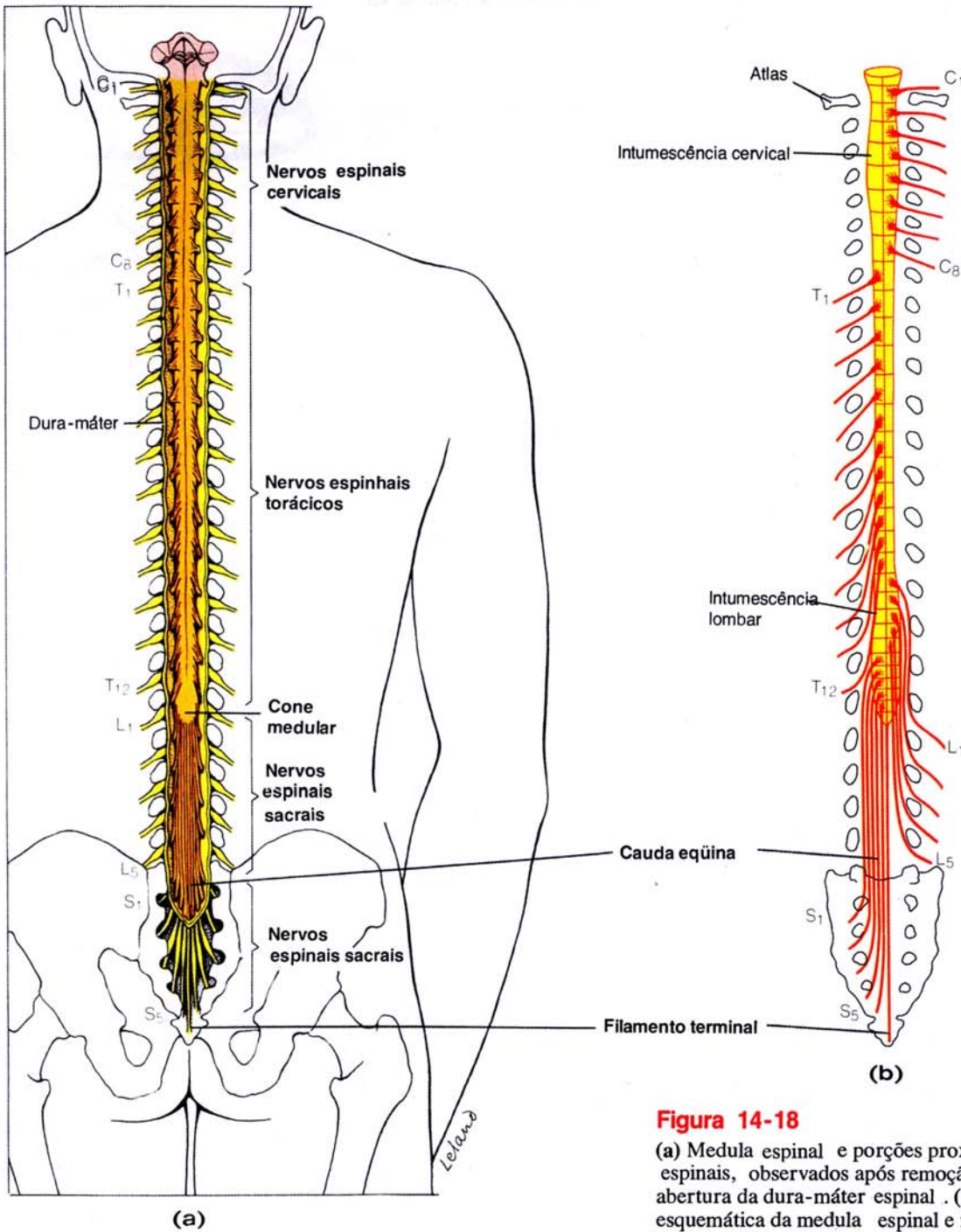


Figura 14-18

(a) Medula espinal e porções proximais dos nervos espinhais, observados após remoção dos arcos vertebrais e abertura da dura-máter espinal. (b) Representação esquemática da medula espinal e nervos espinhais afim de ilustrar a formação da cauda eqüina e as intumescências cervical e lombar. As letras indicam os grupos de nervos espinhais: C – cervicais; T – torácicos; L – lombares; S – sacrais.

F 14-15 paço subaracnóide. No espaço subaracnóide, o líquido circula lentamente para a face posterior da medula espinal, ao redor dela, e ascende para a porção anterior do espaço subaracnóide, a fim de atingir o encéfalo (Figura 14-15). Se o líquido se acumulasse, ele poderia exercer pressão suficiente para comprimir e danificar o encéfalo. Se a sua circulação é bloqueada durante a infância, antes que os ossos do crânio tenham se unido firmemente, a cabeça aumenta de tamanho

à medida que a pressão no interior do encéfalo aumenta. Essa condição é conhecida como *hidrocefalia*. Normalmente, o líquido cerebrospinal é reabsorvido no sangue na mesma quantidade em que é formado. Essa reabsorção ocorre através de finas projeções da aracnóide denominadas **granulações aracnóides** que se projetam nos amplos seios venosos da dura-máter craniana (Figura 14-16). O líquido cerebrospinal é, portanto, formado a partir do sangue, e após circular através e ao redor do sistema nervoso central, retorna ao sangue. **F 14-16**

Por causa da sua íntima relação com o sistema nervoso central, o exame do líquido cerebrospinal fornece um meio de se determinar a presença de agentes infecciosos no sistema nervoso central. Amostras de líquido são retiradas para análises e diagnósticos, através da inserção de agulha entre a terceira e a quarta vértebra lombar, no espaço subaracnóide – um procedimento denominado *punção lombar* (Figura 14-17). Inserindo-se a agulha a este nível, há um risco muito reduzido de se lesionar a medula espinal, que termina normalmente ao nível da primeira ou segunda vértebra lombar. Anestésias espinais (*bloqueios espinais*) são administrados algumas vezes, de uma forma similar. Para se identificar lesões nos discos intervertebrais ou a presença de outras estruturas (tais como tumores) que podem determinar pressões sobre a medula espinal, um meio de contraste que aparece opaco em uma radiografia é injetado no espaço subaracnóide. O raio X efetuado após a injeção do meio de contraste é conhecido como *mielograma lombar* (Figura 14-17c). Alguma obstrução do meio de contraste pode ser devido a estrangulamentos do espaço subaracnóide por uma ruptura do disco intervertebral ou por um tumor. **F 14-17**

Funcionamento do Encéfalo

O encéfalo é um órgão extremamente complexo, e após anos de intensos estudos, tem se conseguido entender somente um pouco de suas atividades. Os processos de pensamento envolvidos na formação de conceitos, raciocínio abstrato, aprendizado, memória e outras atividades têm se demonstrado amplamente difíceis de se compreender para os cientistas. Uma vez que uma pequena parte das atividades do encéfalo seja realmente conhecida, é importante enfatizar que nenhuma área ou estrutura do encéfalo parece atuar completamente por iniciativa própria. A remoção de porções do encéfalo ou a lesão de tractos no encéfalo – feitos experimentalmente em animais ou ocorridos como resultado de traumas em humanos – revelaram que a maioria das funções altamente complexas do encéfalo são geralmente funções de todo o encéfalo. Em muitos casos, os resultados mostram que mais de uma área pode controlar uma determinada função. Isto significa que cada área do encéfalo provavelmente esteja envolvida em várias funções. Igualmente, aquelas funções que ocorrem automaticamente – isto é, em nível inconsciente – são principalmente o resultado de aferências de várias fontes diferentes. Deste modo, as funções que se atribuem a regiões ou estruturas particulares do encéfalo são meios que servem somente como referência geral; nenhuma tentativa foi feita neste capítulo com o intuito de se descreverem as áreas complementares. **F 14-17c**

MEDULA ESPINHAL

Abaixo do bulbo, o sistema nervoso central se continua como **medula espinal**. A medula desempenha duas funções principais: (1) *conduz* os impulsos nervosos para o encéfalo e do encéfalo; (2) *processa* informações sensitivas de uma forma limitada, tornando possível o início de ações reflexas estereotipadas (*reflexos espinais*) sem ação dos centros superiores do encéfalo.

Estrutura Geral da Medula Espinal

A medula espinal atravessa o canal vertebral das vértebras. Ela se estende desde o forame magno do crânio até o nível da primeira ou segunda vértebra lombar (Figura 14-18a). Até o terceiro mês do desenvolvimento, a medula es- **F 14-18a**

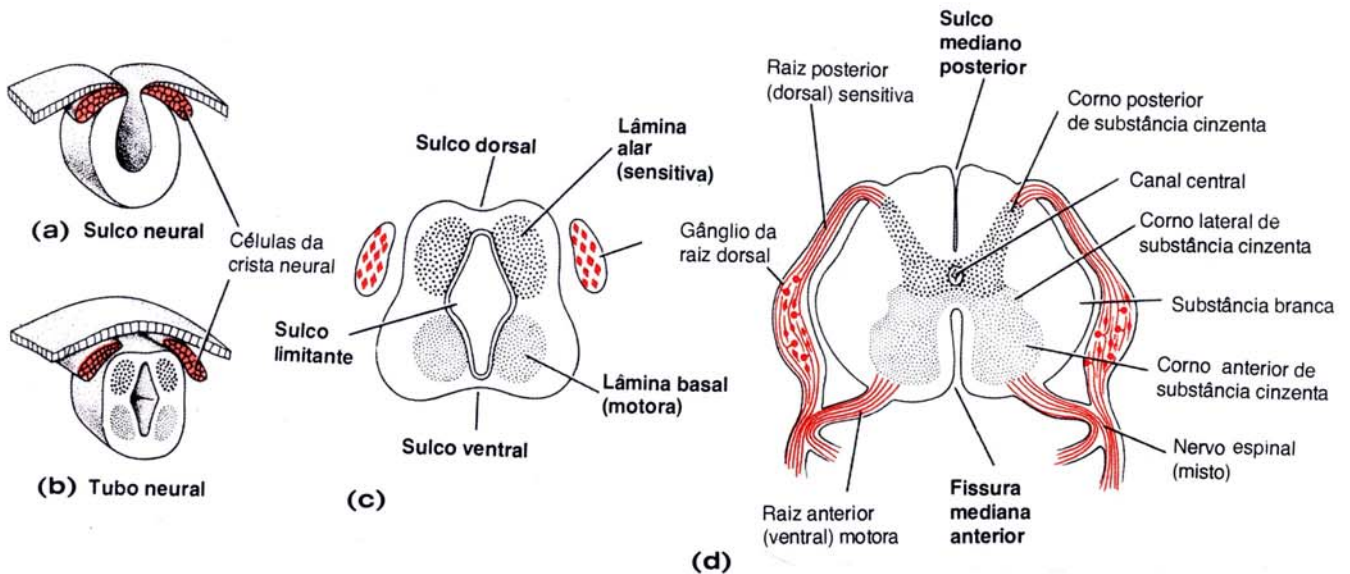


Figura 14-19

Desenvolvimento das lâminas alar e basal, na medula espinhal. (a) Estágio de sulco neural. (b) Estágio de tubo neural. (c) Separação das lâminas alar e basal, pelo sulco limitante. (d) Medula espinhal desenvolvida, com um par de nervos espinais.

pinal possui o mesmo comprimento da coluna vertebral. À medida que o desenvolvimento continua, a coluna cresce em uma proporção maior que a da medula. Como resultado, a medula espinhal não ocupa toda a extensão do canal vertebral no adulto. Um delgado filamento fibroso das meninges espinais denominado **filamento terminal** se continua da ponta da medula espinhal (o **cone medular**) ao cóccix.

Trinta e um pares de nervos espinais se originam da medula e atravessam os forames intervertebrais das vértebras adjacentes. Os nervos espinais que saem da coluna vertebral entre as vértebras cervicais são denominados *nervos cervicais*; aqueles que saem entre as vértebras torácicas são denominados *nervos torácicos*. Da mesma forma, *lombares*, *sacrais* e *coccígeo* são os nervos que saem pela coluna vertebral entre as vértebras de mesmo nome. Cada porção da medula espinhal que origina um par de nervos espinais é denominada *segmento da medula espinhal*. Por causa da diferença de crescimento entre a coluna vertebral e a medula espinhal, os nervos espinais são tracionados para baixo à medida que a coluna se desenvolve. Como resultado, as raízes dos nervos espinais inferiores percorrem alguma distância para baixo, antes de atingirem o forame intervertebral correspondente (Figura 14-18b). No final da medula espinhal, o conjunto de raízes nervosas lombares e sacrais possui a aparência de um rabo de cavalo, e é por isso denominado **cauda equina**.

F 14-18b

F 14-18b

A medula espinhal apresenta duas regiões dilatadas (Figura 14-18b). A *intumescência cervical* está localizada na porção da medula que origina os nervos espinais destinados aos membros superiores. Esses nervos formam o plexo braquial (ver Capítulo 15). A *intumescência lombar* se localiza na região da medula que origina os nervos destinados aos membros inferiores. Esses nervos formam o plexo lombossacral.

F 14-19

No Capítulo 13 explicou-se como a medula espinhal e o encéfalo se desenvolvem de um sulco neural a um tubo neural. Com o desenvolvimento posterior, as paredes laterais do tubo neural apresentam um desenvolvimento maior que o teto e o assoalho do tubo (Figura 14-19). Esses espessamentos laterais separam-se em porções dorsal e ventral através de um sulco (**sulco limitante**) existente ao longo de cada parede do canal central. Os dois espessamentos dorsais são denominados **lâminas alares**. Os neurônios nas lâminas alares são *neurônios internunciais* que recebem informações *sensitivas* e *coordenadoras* dos neurônios aferentes, cujos corpos celulares se localizam em uma estrutura externa denominada gânglio da raiz dorsal. Os dois espessamentos ventrais do tubo neural em desenvolvimento são denominados **lâminas basais**. Os neurônios nas lâminas basais se desenvolvem em neurônios *motores*. Como as regiões

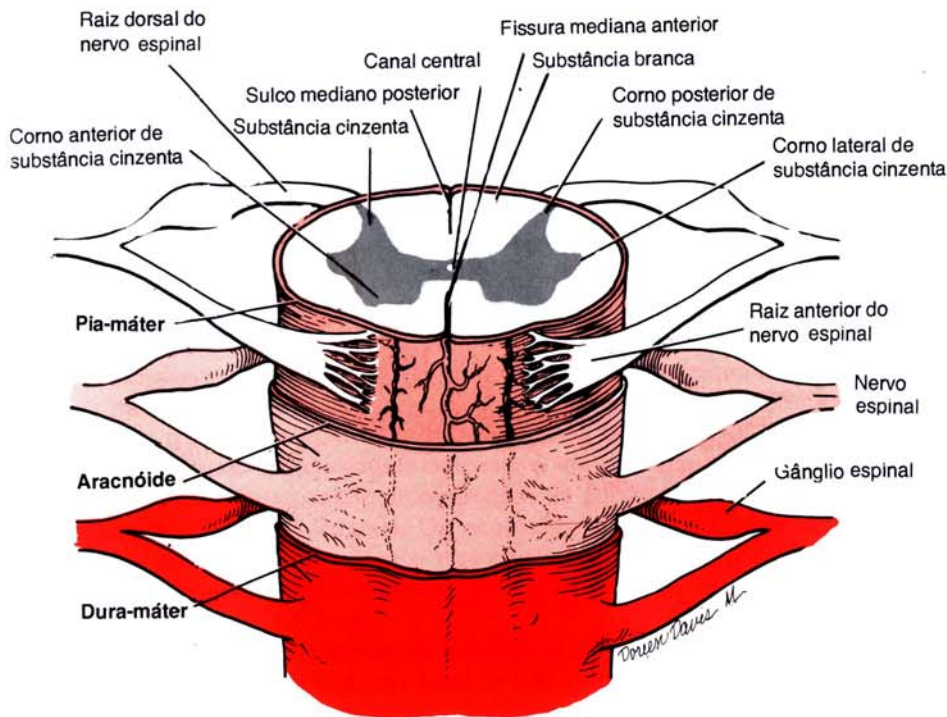


Figura 14-20

Estrutura interna geral da medula espinhal e suas meninges.

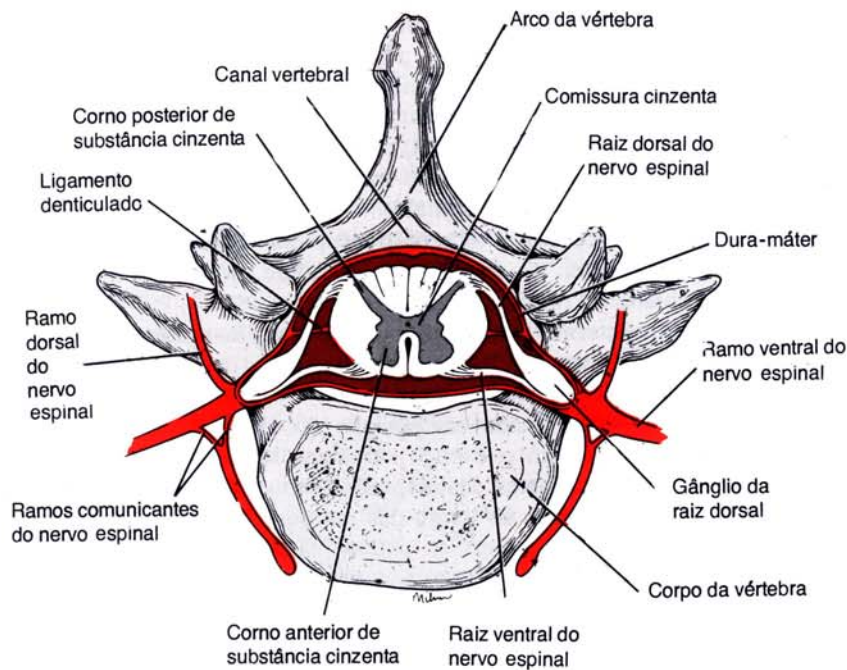


Figura 14-21

Secção transversal da medula espinhal e raízes do nervo espinhal com uma vértebra.

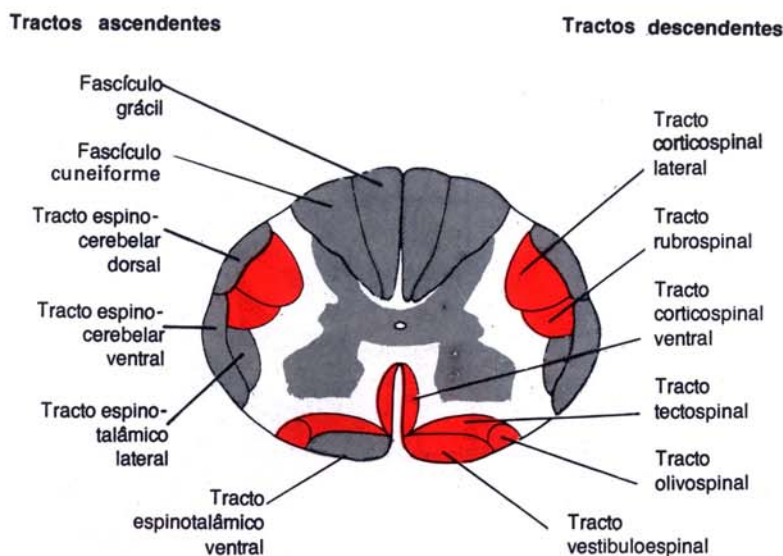
laterais do tubo neural se desenvolvem, formam-se sulcos ao longo do teto e do assoalho do tubo neural.

Uma fissura profunda, longitudinal (**fissura mediana anterior**) se forma na superfície ventral da medula espinhal (Figura 14-20). Um raso sulco longitudinal (**sulco mediano posterior**) se localiza na superfície posterior da medula.

F 14-20

Figura 14-22

Principais tractos e fascículos da medula espinhal. Os ascendentes (sensitivos) estão representados em cinza e identificados somente no lado esquerdo. Os descendentes (motores) estão representados em vermelho, e identificados somente no lado direito.



Meninges da Medula Espinal

F 14-20 A medula espinhal está envolvida pelas mesmas três meninges que envolvem o encéfalo: a dura-máter, a aracnóide e a pia-máter (Figura 14-20).

F 14-18a A **dura-máter** espinhal é contínua ao nível do forame magno, com a camada interna da dura-máter craniana, e ao contrário da dura-máter do encéfalo, ela não se funde aos ossos que circundam a medula. Desta forma, há um pequeno espaço epidural entre a dura-máter espinhal e a coluna vertebral. A dura-máter espinhal se estende além da porção terminal da medula, envolvendo a cauda eqüina (Figura 14-18a). Na região sacral, ela forma um envoltório para o filamento terminal. A dura-máter se estende lateralmente e se une com o tecido conjuntivo que recobre cada nervo espinhal

Como no caso do encéfalo, a **aracnóide** espinhal forma um forro intimamente aderido à dura-máter. O espaço subaracnóide, contendo líquido cerebrospinal, é aumentado na região da cauda eqüina.

A membrana mais interna da medula espinhal é a **pia-máter**. Ela adere intimamente à superfície da medula e às raízes dos nervos espinais. A pia-máter apresenta uma rica rede de vasos sanguíneos.

F 14-21 A medula espinhal está fixada em posição no interior das meninges por pontes fibrosas que atravessam o espaço subaracnóide, e unem a pia-máter à aracnóide e dura-máter. As hastes destas pontes são os **ligamentos denticulados** (Figura 14-21), localizados ao longo das margens laterais da medula espinhal.

Composição da Medula Espinal

**F 14-20-
F 14-22** A medula, como o encéfalo, consiste de áreas de substância branca e de substância cinzenta. A substância branca é composta principalmente de prolongamentos neuronais mielinizados, enquanto que as áreas de substância cinzenta são compostas principalmente por corpos celulares e fibras nervosas internunciais desmielinizadas (amielínicas). A neuróglia aparece tanto na substância branca quanto na cinzenta. Como observado, a substância cinzenta do cérebro e do cerebelo formam uma camada superficial (córtex); ao contrário do que ocorre nessas regiões, a substância cinzenta da medula está localizada centralmente e circundada por substância branca (Figuras 14-20, 14-21 e 14-22).

Substância Cinzenta da Medula Espinal

A substância cinzenta da medula espinhal apresenta aproximadamente o formato da letra H. A barra transversa de substância cinzenta que conecta as

duas áreas laterais de substância cinzenta é a **comissura cinzenta** (Figura 14-21). No interior da comissura está localizado o estreito **canal central** preenchido com líquido cerebrospinal, que se continua superiormente com o quarto ventrículo. As barras verticais de substância cinzenta localizadas em cada lado da comissura, são divididas em colunas, sendo um par **anterior** (ventral) e outro **posterior** (dorsal). Nas regiões torácica e lombar alta, a medula espinal também apresenta um par de **colunas laterais**, localizados entre as anteriores e os posteriores.

F 14-21

As colunas posteriores de substância cinzenta se desenvolvem a partir das lâminas alares (sensitivas) do tubo neural primitivo e estão compostas por axônios dos neurônios sensitivos dos nervos espinais e neurônios internúcleares que transmitem informações de sensibilidade para o interior do sistema nervoso central. Alguns dos axônios dos neurônios sensitivos penetram na região posterior da medula espinal, atingindo a substância branca. Esses axônios seguem em direção nos níveis superiores da medula ou do encéfalo. Outros axônios sensitivos penetram na substância cinzenta e trocam sinapse ou com neurônios internúcleares ou diretamente com neurônios do corno anterior (formando desta forma um arco reflexo medular). Os neurônios internúcleares, por sua vez, podem trocar sinapse com neurônios motores do corno anterior ao mesmo nível, passar para um nível superior dentro da medula espinal, ou atingir as diversas regiões superiores do encéfalo.

As colunas anterior e lateral de substância cinzenta se desenvolvem a partir das lâminas basais (motoras) do tubo neural primitivo. As colunas anteriores apresentam os corpos celulares dos neurônios motores somáticos (voluntário) cujos axônios deixam a medula e penetram em um nervo espinal. Os corpos celulares dos neurônios motores viscerais (involuntários) encontram-se nas colunas laterais (ver Capítulo 16).

Raízes Dorsal e Ventral do Nervo Espinal

Grupos de fibras nervosas denominadas **raízes dorsais** entram na medula espinal onde os ápices das colunas posteriores de substância cinzenta se tornam próximos da superfície da medula. Da mesma maneira, grupos de fibras nervosas denominadas **raízes ventrais** deixam a medula onde os ápices das colunas anteriores se tornam próximos da sua superfície.

As raízes ventrais e dorsais de cada lado de cada segmento espinal se unem para formar um **nervo espinal** (Figuras 14-20 e 14-21). As raízes dorsais apresentam somente axônios de neurônios sensitivos (somáticos e viscerais) que passam do nervo espinal para a coluna posterior da medula. Os corpos celulares desses neurônios sensitivos estão localizados fora da medula espinal no interior de dilatações das raízes dorsais. Essas dilatações, que se localizam próximo aos forames intervertebrais, são denominadas **gânglios das raízes dorsais**, ou **gânglios espinais** (Figura 14-21).

F 14-20,

F 14-21

F 14-21

As raízes ventrais são formadas por axônios de neurônios localizados nas colunas anterior e lateral de substância cinzenta. As raízes ventrais apresentam processos dos neurônios somáticos e viscerais.

Substância Branca da Medula Espinal

A substância branca da medula envolve completamente a substância cinzenta, e está composta principalmente por fibras mielínicas. Esses axônios seguem 3 direções: (1) sobem pela medula espinal até atingirem o encéfalo ou níveis mais altos da medula; (2) descem pela medula, vindos de centros encefálicos ou níveis mais altos da medula espinal; (3) cruzam a linha mediana, transmitindo impulsos de um lado a outro.

Em cada metade da medula espinal a substância branca está dividida pela substância cinzenta em três áreas: o **funículo posterior**, o **lateral** e o **funículo anterior**. No interior dos funículos existem pequenos feixes de fibras nervosas denominados **tractos** ou **fascículos** (Figura 14-22). Os tractos estão formados por processos de neurônios que levam impulsos similares para um destino específico. Alguns tractos são *ascendentes* (*sensitivos*) – levam impulsos que atingem a

F 14-22

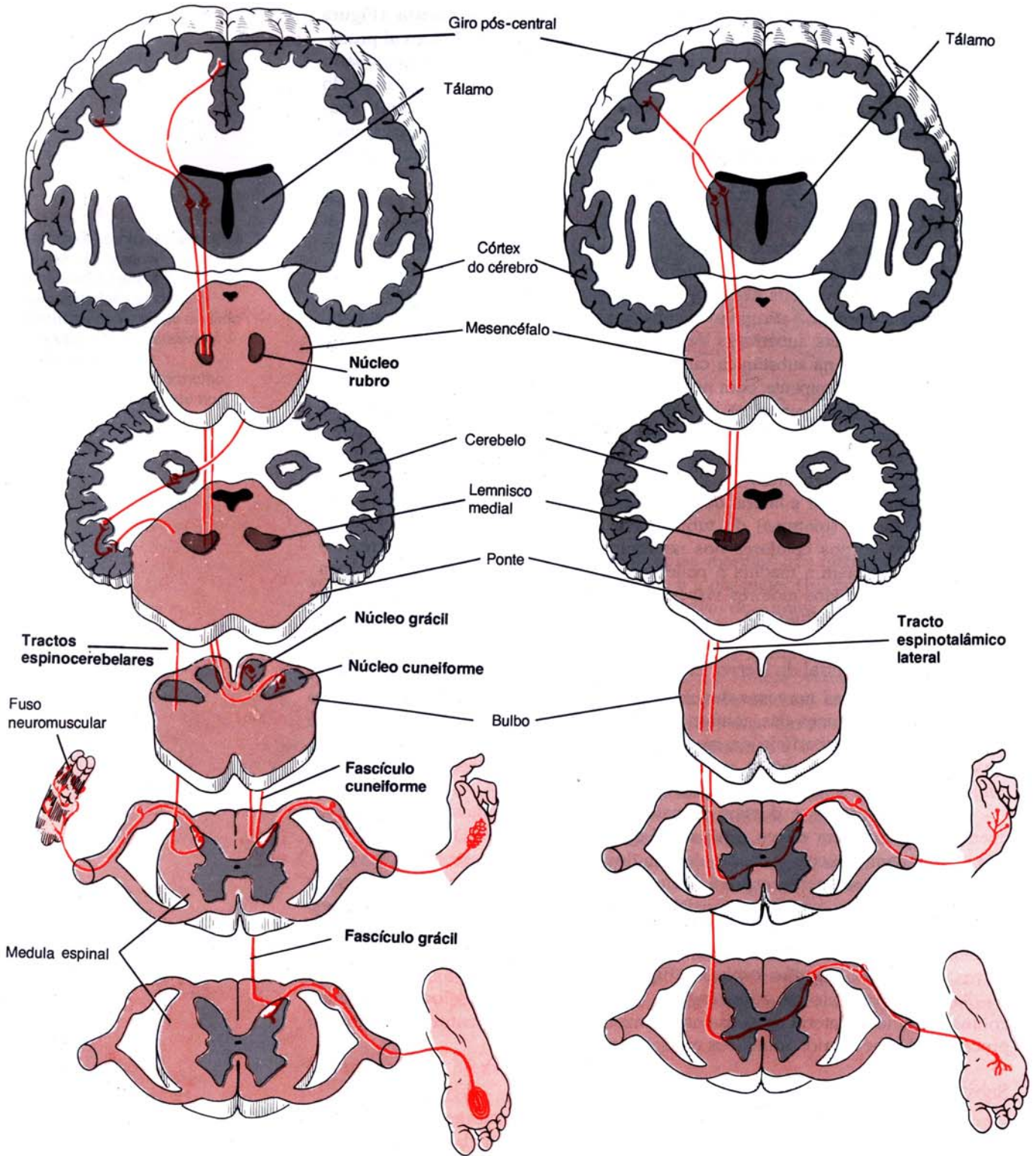


Figura 14-23

Vias sensitivas para tato, pressão, e propriocepção (consciente e inconsciente) no interior do fascículo grácil, fascículo cuneiforme, e tractos espinocerebelares.

Figura 14-24

Vias sensitivas para dor e temperatura, no interior dos tractos espinotalâmicos laterais.

medula espinal através de neurônios aferentes de um nervo espinal, rumo ao encéfalo. Outros tractos são *descendentes (motores)* – levam impulsos do encéfalo para neurônios motores situados nas colunas anterior ou lateral da medula espinal. Os tractos não são visíveis, mas suas localizações têm sido determinadas por métodos experimentais. A maioria dos tractos da medula possuem nomes que indicam onde eles se originam e onde terminam (Figura 14-22).

F 14-22

TRACTOS ASCENDENTES (SENSITIVOS) Os tractos ascendentes da medula levam impulsos aferentes (sensitivos) de receptores periféricos sensitivos para vários centros no encéfalo. Esses tractos geralmente apresentam três neurônios sucessivos denominados neurônios de primeira ordem, de segunda ordem, e de terceira ordem. O neurônio de **primeira ordem** é um neurônio sensitivo, com o dendrito no nervo espinal e o corpo celular no gânglio da raiz dorsal. O neurônio de **segunda ordem** é aquele cujo corpo celular está localizado na medula espinal ou no bulbo. O neurônio de segunda ordem transmite o impulso nervoso do neurônio de primeira ordem para o neurônio de **terceira ordem**, cujos corpos celulares estão localizados no tálamo. O neurônio de terceira ordem transmite impulsos sensitivos para o córtex do cérebro, onde eles atingem o nível consciente. Todos os tractos espinais ascendentes passam para o outro lado do sistema nervoso central – seja ao nível de entrada na medula espinal, poucos segmentos acima do nível de entrada, ou no interior do bulbo. Como resultado, impulsos sensitivos iniciados em receptores do lado direito do corpo são interpretados no córtex do cérebro do lado esquerdo e impulsos do lado esquerdo são interpretados no lado direito do córtex do cérebro. Os principais tractos ascendentes (sensitivos) da medula são:

1. Fascículo grácil.
2. Fascículo cuneiforme.
3. Tratos espinotalâmicos.
4. Tratos espinocerebelares.

Os **fascículos grácil e cuneiforme** são dois tractos do funículo posterior que levam impulsos sensitivos referentes a sentido de *posição muscular, articular e tato fino* de diversas partes do corpo (Figura 14-23). Informação levada por esses tractos torna possível determinar a posição de uma parte do corpo sem que seja necessário observá-lo. Essa informação também torna o indivíduo apto a localizar onde um objeto está tocando o corpo e ajuda na identificação do objeto pela forma, textura, peso etc. O fascículo grácil e o cuneiforme recebem impulsos gerados por proprioceptores localizados nos músculos e articulações e mecanoreceptores localizados na pele. O fascículo cuneiforme, que se situa lateralmente ao fascículo grácil, transmite esses impulsos provenientes dos membros superiores, tronco e pescoço. O fascículo grácil transmite impulsos originados de receptores dos membros inferiores e parte inferior do tronco. As fibras do fascículo grácil trocam sinapse em um centro do bulbo denominado **núcleo grácil**, e as do fascículo cuneiforme, em um núcleo denominado **núcleo cuneiforme**. Os processos dos neurônios de segunda ordem que deixam os núcleos grácil e cuneiforme passam para o lado oposto do bulbo e originam um trato denominado **lemnisco medial**. As fibras do lemnisco medial trocam sinapse no tálamo com os neurônios de terceira ordem que ascendem para o córtex do giro pós-central.

F 14-23

Nos tractos espinotalâmicos a maioria dos neurônios de segunda ordem cruzam para o lado oposto da medula após trocarem sinapse com os neurônios sensitivos dos nervos espinais e ascendem pela substância branca da medula como tractos espinotalâmico lateral e espinotalâmico ventral. As fibras desses tractos trocam sinapse no tálamo, e daí, os neurônios de terceira ordem ascendem para o giro pós-central do córtex do cérebro. O **tracto espinotalâmico lateral** (Figura 14-24) leva impulsos referentes a *dor e temperatura*, e o **espinotalâmico ventral** conduz impulsos referentes a *tato e pressão*.

F 14-24

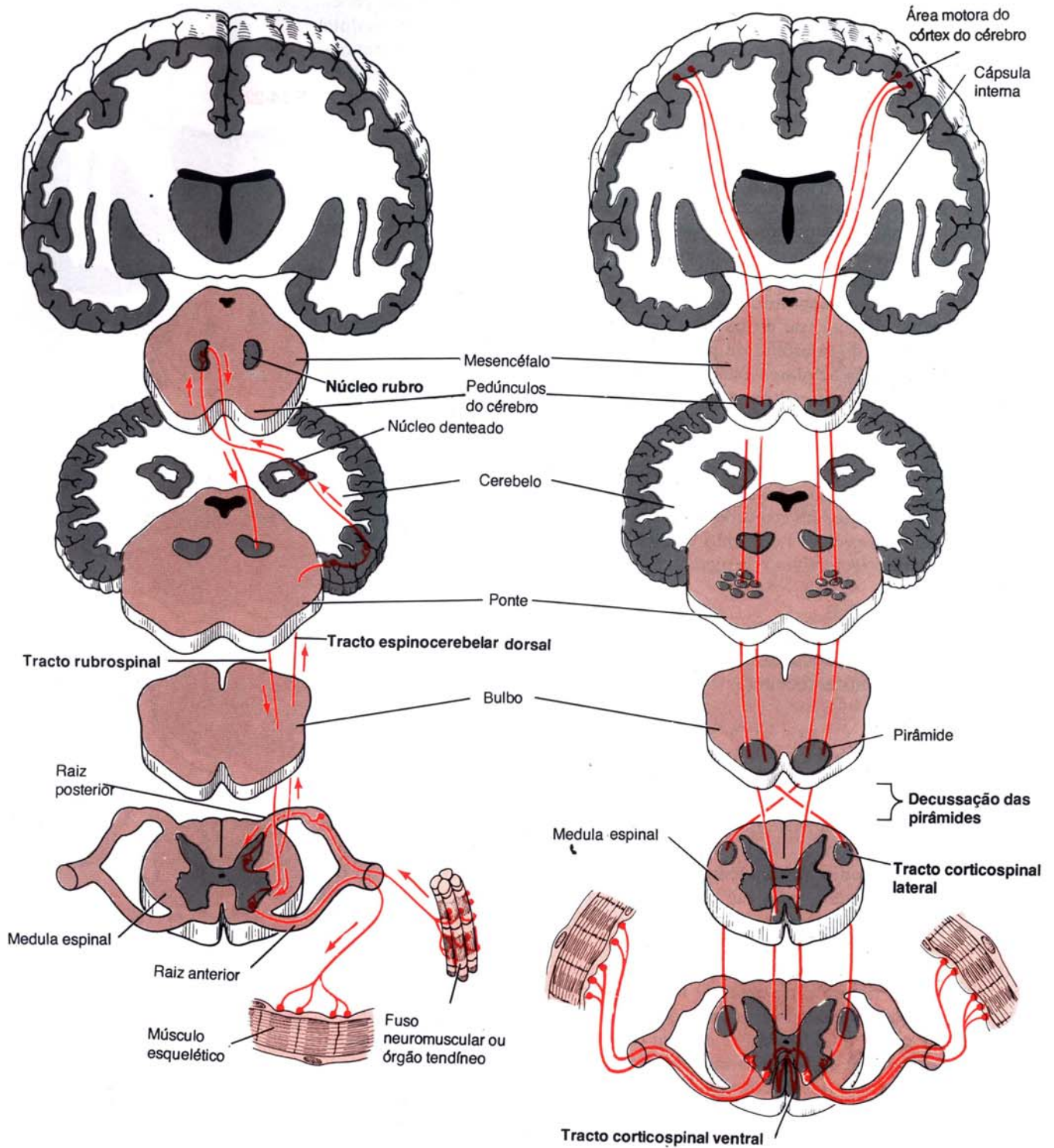


Figura 14-25
 Vias sensitivas e motoras para movimentos involuntários dos músculos, no interior dos tratos espinocerebelares e rubrospinal.

Figura 14-26
 Vias dos tratos piramidais (corticospinal lateral e corticospinal ventral) conduzindo impulsos motores para os músculos esqueléticos.

Existem quatro tractos espinocerebelares: um par de **tracto espinocerebelar dorsal** e um par de **tracto espinocerebelar ventral**. Os tractos espinocerebelares conduzem informações referentes a **propriocepção inconsciente**, dos ceptores neuromusculares. Como o nome indica, essas fibras terminam no cerebelo. As fibras destes tractos não trocam sinapse com neurônios superiores que chegam ao tálamo ou ao córtex cerebral. Desta forma, os impulsos que elas levam, não atingem o nível consciente (Figura 14-25). As fibras dos tractos espinocerebelares trocam sinapse com neurônios do cerebelo, que determinam contração dos músculos estriados esqueléticos (via núcleo rubro do mesencéfalo). Algumas das fibras dos tractos espinocerebelares passam para o lado oposto da medula espinal, enquanto outras permanecem no mesmo lado, e se projetam para o cerebelo diretamente. As fibras destes tractos penetram no cerebelo através dos pedúnculos cerebelares inferiores (caudais).

F 14-25

TRACTOS DESCENDENTES (MOTORES) Os neurônios dos tractos descendentes da medula espinal, conduzem impulsos do encéfalo para os neurônios motores que regulam a atividade dos músculos esqueléticos. Todos esses tractos cruzam para o lado oposto, e todos eles apresentam dois ou três neurônios consecutivos. Existem dois tipos de tractos descendentes:

1. Tractos piramidais.
2. Tractos extrapiramidais.

Os **tractos piramidais** são tractos motores que se originam principalmente das grandes células do córtex do giro pré-central (células piramidais) e passam pelos pedúnculos do cérebro no mesencéfalo e pela pirâmide do bulbo. Esses tractos são também denominados **tractos corticospinais**, um nome que indica a sua origem (córtex do cérebro) e terminação (medula espinal). Do córtex esses tractos descendem pela cápsula interna, mesencéfalo, ponte, e pirâmide do bulbo. As fibras destes tractos (que são denominadas **neurônios motores superiores**) trocam sinapse principalmente com os neurônios motores situados no corno anterior da medula espinal (Figura 14-26), embora algumas delas troquem sinapse com neurônios motores associados a determinados nervos cranianos. A maioria dos neurônios motores superiores dos tractos corticospinais cruzam para o lado oposto do bulbo e formam o **tracto corticospinal lateral**. O restante dessas fibras descem pelo bulbo e atingem a medula sem cruzarem, formando o **tracto corticospinal ventral**. As fibras desse tracto cruzam para o lado oposto da medula ao nível do local onde elas trocam sinapse com os **neurônios motores inferiores**. Ambos os tractos corticospinais conduzem impulsos **motores** para os **músculos esqueléticos**. O tracto corticospinal lateral, que se estende por toda a medula espinal, é o principal tracto envolvido no controle voluntário dos músculos esqueléticos. O tracto corticospinal ventral normalmente não passa do nível torácico da medula.

F 14-26

Os outros tractos motores que se originam de várias regiões do córtex do cérebro e áreas subcorticais, são denominados **tractos extrapiramidais**. Esses tractos descendem de vários núcleos do tronco encefálico e influenciam as ações musculares, coordenação, equilíbrio, estímulos visuais e auditivos, e outras funções. Eles incluem os tractos **rubrospinal, vestibulospinal, tectospinal, e olivospinal** (Figura 14-22). **Pelo fato desses tractos sobrepor suas ações com os tractos corticospinais, não é possível se separar claramente os efeitos de cada um deles. Em geral, os tractos piramidais controlam os músculos envolvidos em movimentos de precisão do corpo, enquanto que os tractos extrapiramidais tendem a modificar contrações musculares relacionadas com postura e equilíbrio.** Alguns tractos extrapiramidais possuem ação mais inibidora que excitadora.

F 14-22

Os tractos rubrospinais, que se originam do núcleo rubro do mesencéfalo, podem ser observados na Figura 14-25, onde pode se notar que a informação proprioceptiva que é conduzida ao cerebelo pelos tractos espinocerebelares, é

F 14-25

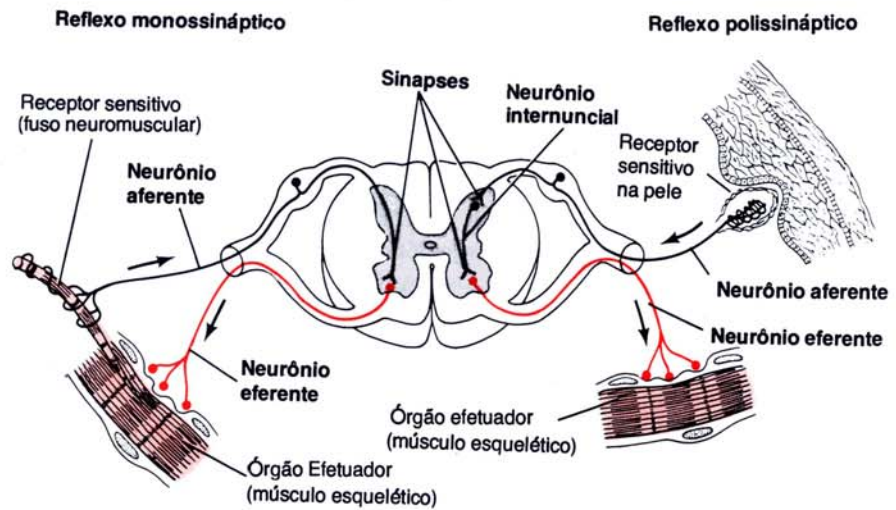


Figura 14-27
Componentes de um arco reflexo espinal. O lado esquerdo do diagrama ilustra um reflexo monossináptico; o lado direito mostra um reflexo polissináptico.

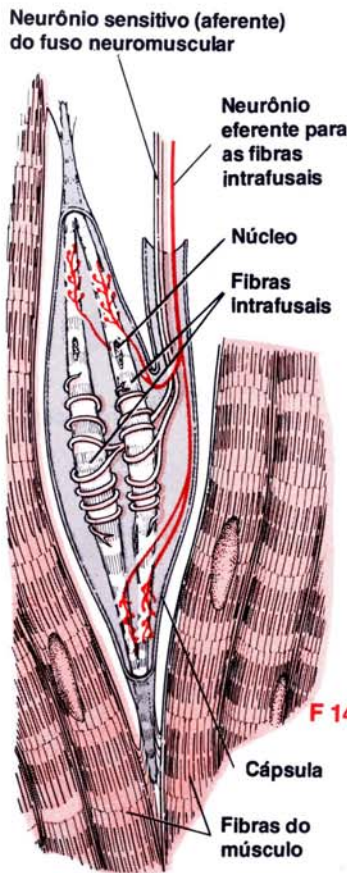
conduzida ao tracto rubrospinal. Desta maneira, o tracto rubrospinal auxilia na coordenação dos reflexos referentes a ajustamentos posturais.

O Arco Reflexo Medular

Nem todos os impulsos nervosos que chegam à medula através de neurônios sensitivos atinge os tractos ascendentes e são levados para centros superiores do sistema nervoso central. Alguns neurônios sensitivos trocam sinapse diretamente ou através de neurônios internunciais, com neurônios motores do corno anterior da medula espinal no mesmo nível em que penetraram na medula. Outros neurônios sobem ou descem por poucos segmentos medulares antes de trocarem sinapse com o neurônio motor. As vias neurais pelas quais impulsos sensitivos dos receptores atingem os efetores sem chegarem ao encéfalo são denominadas **arcos reflexos medulares**.

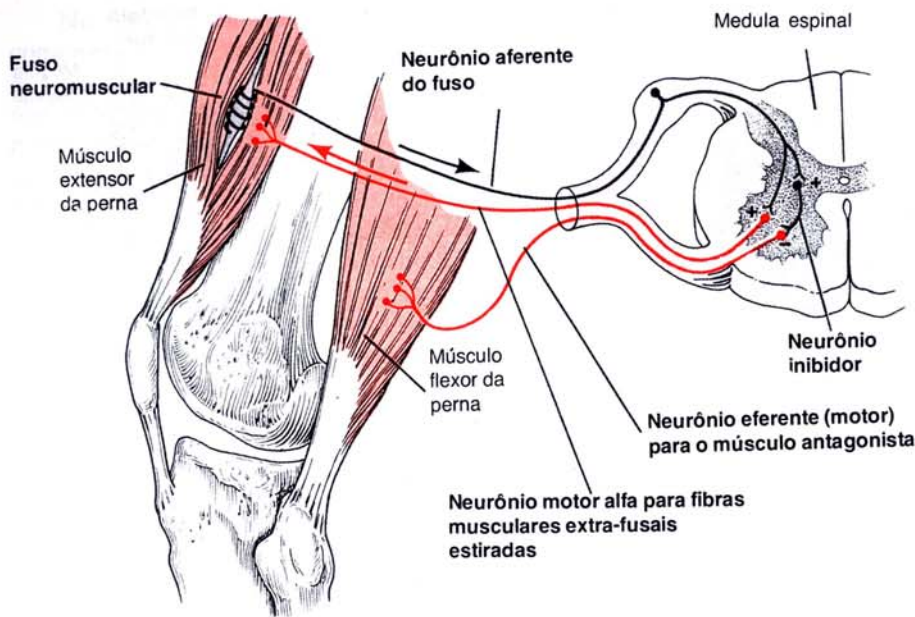
A presença dos arcos reflexos medulares tornam possível reações automáticas e estereotipadas. Essas reações, denominadas **reflexos**, ocorrem sem que se tornem conscientes. Conseqüentemente, um estímulo específico sempre determina uma resposta específica. Uma vez que esses reflexos ocorrem ao nível da medula espinal sem envolvimento dos tractos piramidais, eles são respostas involuntárias, ainda que elas freqüentemente envolvam músculos esqueléticos. Ao mesmo tempo que ocorre um reflexo, entretanto, informações sobre o estímulo que o iniciou podem ser também transmitidas para um dos tractos ascendentes da medula e deste para o encéfalo, onde uma sensação consciente é notada. Por exemplo, quando se toca alguma coisa quente com as mãos, somos advertidos por impulsos levados pelos tractos espinotalâmicos laterais. No momento que sentimos a sensação de queimadura, contudo, já retiramos as mãos do objeto quente como o resultado de uma ação reflexa. Se a medula espinal é lesionada ao nível da região cervical, tornando impossível a passagem de impulsos para o encéfalo, a mão poderia assim mesmo ser retirada como resultado de uma atividade reflexa que ocorre ao nível da medula espinal. Todavia, não se perceberia nenhuma sensação de dor. Um arco reflexo medular está composto de pelo menos cinco componentes (Figura 14-27):

1. Um **receptor**, que pode ser uma terminação nervosa periférica de um neurônio sensitivo ou uma célula especializada associada à terminação periférica de um neurônio sensitivo.
2. Um **neurônio sensitivo** (aferente), que leva impulsos através de um nervo espinal, do receptor para a medula espinal.
3. Uma **sinapse** entre neurônios sensitivos e neurônios motores na medula



F 14-27

Figura 14-28
Fuso neuromuscular.

**Figura 14-29**

Vias envolvidas no reflexo de estiramento. O impulso excitatório está indicado pelo sinal +; o inibitório, pelo sinal -.

espinal. Se o neurônio sensitivo troca sinapse diretamente com o neurônio motor, o arco formado é conhecido como **arco reflexo monossináptico**. Se existem um ou mais neurônios internúcleares entre o neurônio sensitivo e o neurônio motor, exigindo mais de uma sinapse, o arco é denominado **arco reflexo polissináptico**. A maioria dos arcos reflexos no SNC são polissinápticos.

4. Um **neurônio motor** (eferente), que transmite o impulso nervoso da coluna anterior da medula para um efetador.
5. Um **efetador** que responde ao impulso eferente. Músculo (esquelético, liso, ou cardíaco) e glândulas são as únicas estruturas capazes de atuarem como efetadores.

Dois importantes reflexos espinais – o reflexo de estiramento e o reflexo tendíneo – influenciam as contrações dos músculos esqueléticos.

Reflexo de Estiramento

O **reflexo de estiramento muscular** é iniciado por receptores musculares esqueléticos encapsulados denominados **fusos neuromusculares** (Figura 14-28). Os fusos levam informações sobre a extensão dos músculos esqueléticos. No interior de um fusos existem várias células musculares especializadas denominadas *fibras intrafusais*. Essas fibras são contráteis apenas em suas extremidades, onde elas são supridas por neurônios eferentes. A porção central dessas fibras, não contrátil, recebe neurônios aferentes que se espiralizam ao seu redor. A frequência de impulsos nervosos nos neurônios aferentes aumenta em resposta a uma mudança no estiramento da região central das fibras intrafusais e diminui quando essas regiões são contraídas. O fusos está orientado paralelamente às fibras do músculo de tal maneira que estiramento do músculo estica o fusos (e as fibras intrafusais), e contração do músculo contrai o fusos.

No reflexo de estiramento, o estiramento de um músculo resulta uma frequência aumentada de impulsos nervosos nos neurônios aferentes associados aos fusos neuromusculares (Figura 14-29). No interior da medula espinal, os neurônios aferentes trocam sinapse com neurônios eferentes que suprem as células do músculo. Como resultado, a frequência aumentada de impulsos nervosos nos

F 14-28

F 14-29

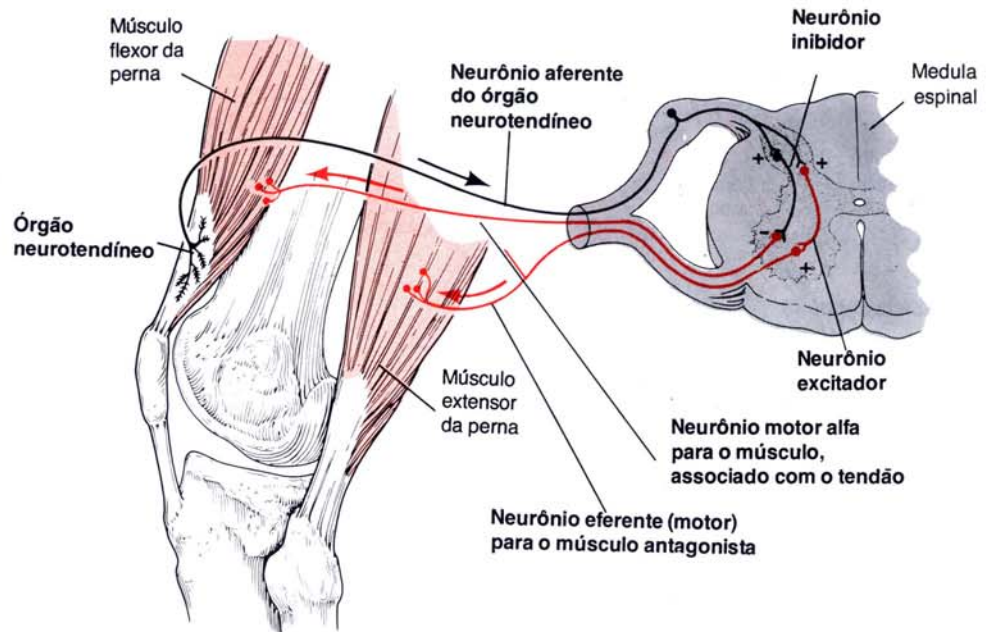


Figura 14-30

Vias envolvidas no reflexo tendíneo. O impulso excitatório está indicado pelo sinal + e o inibitório pelo sinal –

neurônios aferentes aumenta o estímulo para os neurônios motores, determinando a contração muscular e a conseqüente resistência ao estiramento. Os neurônios aferentes também trocam sinapse com neurônios inibidores na medula espinhal, que por sua vez, trocam sinapse com neurônios eferentes, controlando músculos cuja atividade se opõe à contração do músculo estirado (isto é, músculos antagonistas). Assim, quando o reflexo do estiramento estimula o músculo estirado a se contrair, os músculos antagonistas que se opõem à contração são inibidos.

O *reflexo patelar* é um exemplo comum de reflexo de estiramento. Uma leve pancada no tendão do quadríceps abaixo da patela, traciona o tendão e este estira o músculo quadríceps. Se todos os componentes do arco reflexo estão intactos, os fusos neuromusculares no interior do músculo quadríceps iniciam um reflexo de estiramento que determina a contração do músculo e impulsiona a perna para a frente (extensão da perna).

Além das sinapses com neurônios envolvidos no reflexo de estiramento, os neurônios aferentes dos fusos neuromusculares também trocam sinapse com neurônios que enviam impulsos ao encéfalo. Como resultado, impulsos nervosos dos fusos transmitem informação sobre o estado de estiramento ou contração dos músculos esqueléticos, que é importante na manutenção da postura do corpo e na coordenação da atividade muscular.

Reflexo Tendíneo

O **reflexo tendíneo** auxilia na proteção do tendão e os músculos a eles associados, evitando lesões que poderiam resultar de tensão excessiva. Os receptores para esse reflexo são os **órgãos neurotendíneos**, que são estruturas encapsuladas localizadas no interior dos tendões próximo à junção destes com os ventres musculares. Diferente dos fusos neuromusculares, que são sensíveis ao alongamento, os órgãos neurotendíneos são sensíveis à tensão. No interior do órgão neurotendíneo existem terminações nervosas aferentes envolvendo pequenos feixes de fibras colágenas. Quando a tensão aplicada a um tendão aumenta, a freqüência de impulsos nervosos nos neurônios aferentes também aumenta; quando a tensão diminui, o mesmo ocorre com a freqüência de impulsos. Por causa da sua localização nos tendões, os órgãos neurotendíneos se situam em série com os músculos aos quais pertencem, e eles respondem a mudanças na tensão que resulta da contração ou do estiramento passivo do músculo.

No reflexo tendíneo, um aumento na tensão aplicada a um tendão – mais comumente como resultado de uma contração muscular – aumenta a frequência dos impulsos nervosos nos neurônios aferentes associados com os órgãos neurotendíneos (Figura 14-30). No interior da medula espinal, os neurônios aferentes trocam sinapse com neurônios inibidores que, por sua vez, trocam sinapse com neurônios motores que inervam músculos e respectivos tendões. A frequência de impulsos nervosos aumentada nos neurônios aferentes dos órgãos neurotendíneos diminui o estímulo dos neurônios motores para o músculo, e pode inibir completamente a contração muscular. Assim, o reflexo tendíneo protege o músculo e o tendão da tensão excessiva. Os neurônios aferentes dos órgãos neurotendíneos também trocam sinapse com neurônios excitadores que, por sua vez, trocam sinapse com neurônios motores que controlam músculos antagonistas. Como resultado, o reflexo tendíneo é geralmente acompanhado pela estimulação recíproca dos músculos antagonistas.

F 14-30

Além das sinapses com neurônios envolvidos no reflexo tendíneo, os neurônios aferentes dos órgãos neurotendíneos também realizam sinapse com neurônios que enviam impulsos para o encéfalo. Desta forma, assim como impulsos nervosos dos fusos neuromusculares levam informações ao encéfalo sobre a extensão dos músculos esqueléticos, os impulsos nervosos dos órgãos neurotendíneos transmitem informações sobre a tensão desenvolvida pelo músculo.

NÚCLEOS DE NEURÔNIOS

No interior do sistema nervoso central, os neurônios estão organizados em grupos funcionais denominados **núcleos de neurônios**, e a informação transmitida por um receptor é frequentemente recebida por um núcleo particular de neurônios. No núcleo, essa informação é processada e integrada com a informação recebida de outras fontes. Ela é então transmitida do núcleo para vários destinos. Núcleos de neurônios ocorrem em todos os níveis do SNC, inclusive no córtex do cérebro e existem numerosas interligações entre esses vários núcleos. Muito embora as vias nervosas envolvidas em determinadas atividades sejam geralmente descritas como simples cadeias neuronais, a execução da mais simples atividade normalmente requer a participação de vários neurônios cujas atividades são coordenadas nos complexos circuitos dos núcleos de neurônios. Por exemplo, os neurônios motores para os músculos esqueléticos são influenciados por impulsos nervosos originados dos fusos neuromusculares, órgãos neurotendíneos, e centros encefálicos elevados. Desta forma, o grau de atividade dos neurônios motores em um ou outro momento é determinado por uma combinação de influências.

CONDIÇÕES DE IMPORTÂNCIA CLÍNICA

O sistema nervoso central

Devido à complexa estrutura do encéfalo e da medula espinal, inúmeras anomalias podem ocorrer no sistema nervoso central como resultado de trauma ou doença. As disfunções do SNC são particularmente sérias porque os neurônios do SNC não são capazes de se regenerar após lesionados. Conseqüentemente, uma recuperação completa de disfunções do SNC não é obtida.

Nas próximas seções serão abordadas algumas das mais comuns e ilustrativas anomalias do SNC. Todavia, a discussão será iniciada pela sensação da dor. Embora a dor não seja normalmente considerada como uma anomalia, ela

está associada com várias disfunções e anomalias, e por isso ela possui certamente uma grande importância clínica.

Dor

Um estímulo forte capaz de destruir ou lesar um tecido, origina a sensação de dor. Estímulos como pressões mecânicas excessivas, extremos de calor ou frio, e várias substâncias químicas estimulam os receptores para a dor. Esses estímulos originam sinais nervosos que são transmitidos para regiões do encéfalo que incluem a formação reticular, o tálamo, e áreas sensitivas somáticas do córtex

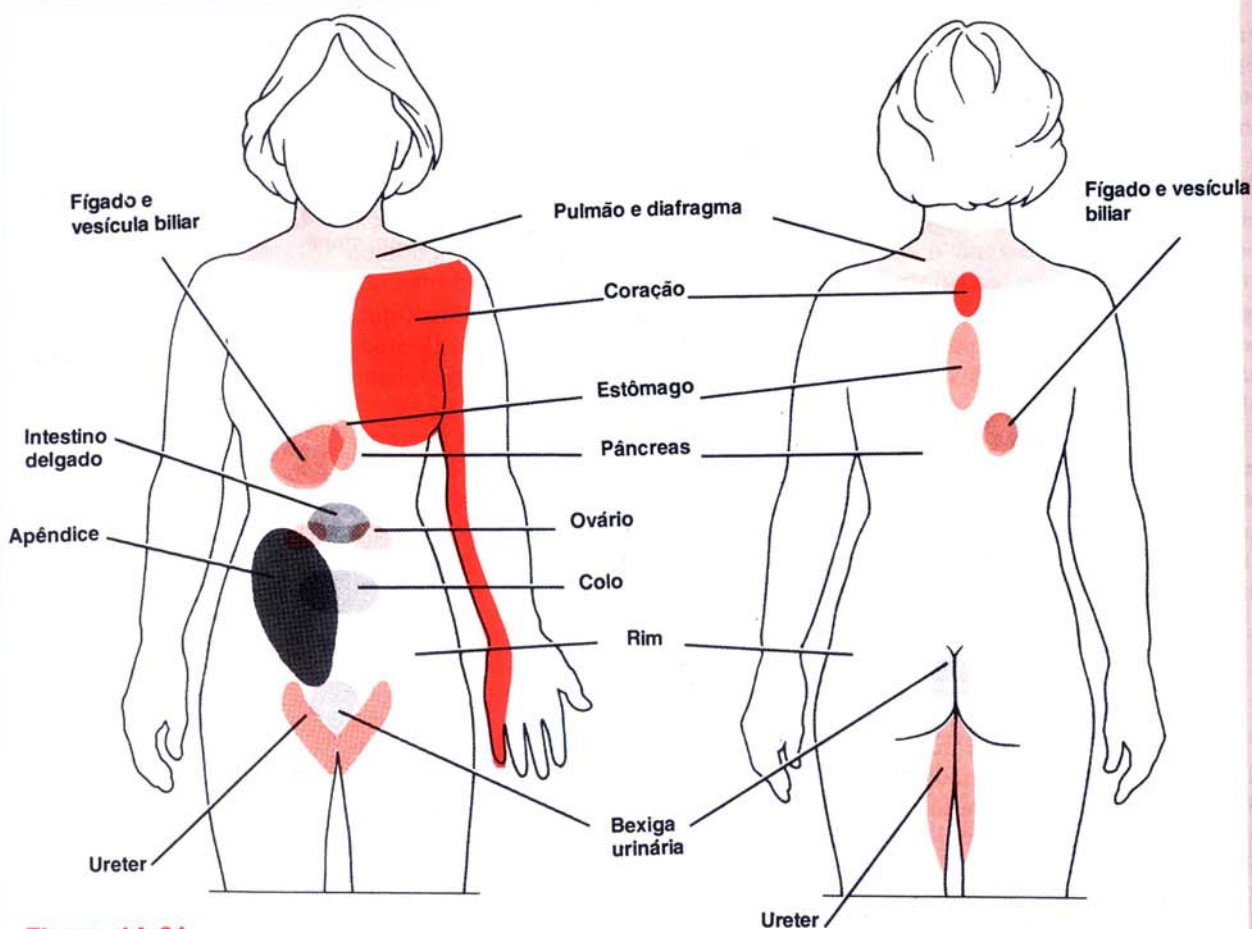


Figura 14-31
Áreas cutâneas da dor referida de certas vísceras.

do cérebro. Além de desencadear a sensação de dor, a transmissão dos sinais de dor para o encéfalo determina reações emocionais (por exemplo, choro, ansiedade, medo) e respostas comportamentais (como retraimento ou respostas defensivas).

Dor Referida

Um indivíduo pode identificar o local do estímulo que produz dor porque o encéfalo normalmente projeta a sensação de dor para o local do estímulo. Em determinadas circunstâncias, contudo, os sinais de dor dos receptores dos órgãos internos são incorretamente interpretados pelo encéfalo como provenientes de áreas bem distantes dos reais locais de estímulo – particularmente como se viessem de regiões da superfície corpórea (Figura 14-31). Assim, a dor visceral pode ser confundida com a dor somática. Esse fenômeno é denominado **dor referida**.

As localizações de diversas dores referidas são tão importantes que elas são utilizadas pelos médicos no diagnóstico de disfunção visceral. Por exemplo, pelo fato de as fibras nervosas sensitivas provenientes do coração entrarem na medula espinal pelos mesmos nervos espinais torácicos que penetram as fibras sensitivas somáticas da pele do tórax sobre o coração, ombro esquerdo, e face medial do membro superior esquerdo, um ataque cardíaco frequentemente determina dor referida nessas regiões da superfície

corpórea. Essa dor referida é conhecida como *angina pectoris*, e indica possíveis disfunções cardíacas.

Uma tentativa de se explicar a causa da dor referida sugere que os neurônios sensitivos que transmitem sinais de dor de uma determinada área da superfície do corpo e neurônios sensitivos que transmitem sinais de dor de um órgão interno conectam-se na medula espinal com os mesmos neurônios ascendentes. Assim, esses neurônios ascendentes levam impulsos de dor ao encéfalo provenientes daquela região da superfície corpórea e do órgão interno. Porque a dor cutânea é muito mais comum que a dor visceral, os sinais de dor levados pelos neurônios ascendentes são interpretados pelo encéfalo como originados na pele mais do que na víscera, e a sensação de dor é projetada para o sítio da pele.

Dor Fantasma

A *dor fantasma* é o fenômeno pelo qual um indivíduo que sofreu uma amputação continua sentindo dor no local do corpo que foi amputado. A dor fantasma, como a dor referida, é um caso de projeção imprecisa da sensação de dor pelo encéfalo. Os neurônios que suprem a estrutura afetada são, é lógico, lesionados por causa da amputação; todavia, as porções remanescentes dos neurônios podem continuar a enviar impulsos nervosos para a mesma região do encéfalo relacionada à estrutura amputada. O encéfalo

continua por algum tempo a interpretar impulsos da área lesionada da mesma forma que antes da amputação, e as sensações evocadas no encéfalo são projetadas para aquela região. Desta maneira, dor (e outras sensações) podem ainda ser "sentidas", por exemplo nos dedos do pé, após a amputação do pé.

Disfunções da Medula Espinal

Danos em tecidos ou órgãos que resultam em diminuição ou perda de função, são denominados *lesões*. Lesões da medula espinal, seja por trauma ou doença, normalmente envolvem os tractos de fibras motoras e sensitivas que compõem a medula.

Paralisia

Lesões dos tractos motores da medula determinam *paralisia* de estruturas supridas por esses neurônios. A paralisia dos membros inferiores é conhecida como *paraplegia*. A condição na qual o membro superior e o membro inferior de um mesmo lado do corpo são paralisados é denominada *hemiplegia*. *Quadriplegia (tetraplegia)* é a paralisia dos quatro membros. A paralisia pode ser *flácida*, quando os músculos afetados perdem seu tono e os reflexos estão ausentes; ou pode ser *espástica*, com o aumento do tono e dos reflexos. As paralisias espásticas resultam de lesões dos tractos descendentes (motores) do encéfalo. Essas lesões ocorrem geralmente no sistema extrapiramidal, que elimina os efeitos inibitórios normais dos centros nervosos superiores sobre os reflexos espinais. As paralisias flácidas ocorrem quando os tractos piramidais ou os neurônios motores inferiores são afetados.

Lesões dos Tractos Sensitivos da Medula Espinal

Geralmente, lesões de um só tracto da medula espinal não são precisamente localizadas; as lesões dos tractos sensitivos podem ser localizadas identificando-se a combinação de perdas de sensibilidade que são conhecidas. As lesões nos tractos dos funículos posteriores (fascículos grácil e cuneiforme) resulta na perda de propriocepção consciente e tato discriminativo (epicrítico). A perda de sensação de dor e temperatura de uma determinada região do corpo indica lesão nos tractos espinotalâmicos laterais acima da região afetada. As lesões nos tractos espinotalâmicos ventrais determinam uma ligeira diminuição no sentido do tato.

Disfunções Específicas da Medula Espinal

TABES DORSALIS É uma condição determinada pela degeneração progressiva dos funículos posteriores da medula espinal e das raízes dorsais dos nervos espinais. Ela é resultado da invasão do sistema nervoso central pela bactéria causadora da sífilis (espiroqueta). Devido à perda das vias proprioceptivas nas colunas posteriores da medula e raízes dorsais dos nervos espinais, a *tabes dorsalis* causa a perda da coordenação muscular. Como consequência, o indivíduo com *tabes dorsalis* caminha irregularmente e deve olhar para o chão no sentido de manter o seu equilíbrio. Ele apresenta dores intensas nas pernas e no abdome nos estágios iniciais da doença devido à irritação dos neurônios das raízes dorsais. Com a degeneração das raízes dorsais, a dor diminui, juntamente com o sentido do tato.

POLIOMIELITE Determinada por um vírus que destrói principalmente os corpos neuronais nas colunas anteriores da medula espinal, especialmente aqueles situados nas intumescências cervical e lombar. Essa degeneração produz febre, dor de cabeça, e paralisia flácida dos

músculos supridos por esses neurônios. Após várias semanas de paralisia, os músculos começam a atrofiar, e eventualmente o tecido muscular pode ser quase completamente substituído por tecido conjuntivo e tecido adiposo. A morte pode resultar da parada respiratória ou cardíaca se o vírus invade as células nervosas dos centros reguladores do bulbo.

SIRINGOMIELIA Ocorre quando pequenas bolsas cheias de líquido (cistos) se formam na substância cinzenta da medula espinal e do tronco encéfalo, e a neuróglia do canal central prolifera. Várias vias comissurais são interrompidas, produzindo diversas disfunções sensitivas e debilidade muscular, acompanhada de atrofia. Por exemplo, os tractos espinotalâmicos laterais são destruídos quando eles cruzam pela comissura cinzenta da medula. Assim, impulsos referentes às sensações de dor e temperatura podem não ser transmitidos para o encéfalo a partir de uma determinada região do corpo.

ESCLEROSE MÚLTIPLA É uma condição crônica que resulta na ampla destruição das bainhas de mielina das fibras nervosas na medula e no encéfalo. A mielina destruída é substituída por placas endurecidas que interferem na transmissão dos impulsos nervosos. A causa da destruição é desconhecida; todavia, cientistas suspeitam de um vírus como sendo o causador da doença. A esclerose múltipla determina uma grande variedade de sintomas, que envolvem os tractos motores e sensitivos, dependendo das regiões do SNC onde ocorre a formação das placas. Os sintomas mais comuns incluem sensibilidade anormal, paralisia espástica, e reflexos exagerados. Muito embora a esclerose múltipla seja crônica e progressiva, não é incomum que seus sintomas desapareçam por algum tempo. Todavia, em cada reincidência da doença há uma lesão permanente do SNC, causando desta forma uma incapacitação progressiva.

Disfunções do Tronco do Encéfalo

Todos os tractos motores e sensitivos do SNC passam pelo tronco do encéfalo (bulbo, ponte e mesencéfalo). O tronco também apresenta vários centros que controlam o sistema nervoso autônomo, e a maioria dos nervos cranianos nele se origina. Assim, lesões nesta região do SNC podem produzir uma complexa mistura de sintomas motores e sensitivos. Além disso, tumores, traumas ou hemorragia podem afetar a formação reticular do tronco, produzindo coma.

Disfunções do Cerebelo

Lesões do cerebelo ou suas vias podem determinar disfunções na coordenação de ações suaves que normalmente ocorrem entre os grupos musculares. Essas disfunções podem se evidenciar como distúrbios de marcha e postura, incapacidade de realizar suavemente uma tarefa que envolve o movimento de várias articulações, ou como incapacidade de se determinar o grau de movimento e desta forma interromper o movimento numa determinada articulação.

Disfunções dos Núcleos da Base

Os núcleos da base, que fazem parte do sistema extrapiramidal, são pequenas ilhas de substância cinzenta situadas profundamente no interior dos hemisférios cerebrais. Os neurônios dos núcleos da base regulam a atividade da musculatura somática, principalmente inibindo suas contrações. Essa inibição se opõe aos efeitos excitatórios dos neurônios dos tractos piramidais. Por essa razão, lesões dos

núcleos da base resultam em movimentos espásticos que parecem voluntários mas que realmente estão fora do controle do indivíduo. Os membros podem ser arremessados bruscamente, apresentar-se em contração constante, ou se movimentar de uma forma rápida e abrupta.

O *parkinsonismo* é a mais comum das disfunções dos núcleos da base. Uma vez que o seu desenvolvimento é gradual, essa doença afeta principalmente indivíduos acima de 50 anos. Acredita-se que um grande número de fatores pode produzir a síndrome de Parkinson, sendo que todos determinam a destruição das células dos núcleos da base. Essa condição se caracteriza por contrações desnecessárias dos músculos esqueléticos, causando tremor e rigidez muscular, bem como uma diminuição nos movimentos normais associados, tais como balançar dos braços enquanto se caminha e mudanças na expressão facial relacionada às emoções.

Há evidências que o parkinsonismo pode estar relacionado ao metabolismo anormal do neurotransmissor *dopamina* pelas células dos núcleos da base. No mal de Parkinson, o nível de dopamina dos núcleos da base se apresenta substancialmente reduzido. Não se sabe ainda como a redução do nível de dopamina influi nos sintomas do mal de Parkinson. Uma vez que a dopamina é incapaz de atravessar a barreira hemato-encefálica, a administração dessa doença é ineficaz no controle do parkinsonismo. Todavia, a *L-dopa*, um precursor da dopamina, passa do sangue para as células nervosas e tem se mostrado eficiente no tratamento dessa doença.

Doenças inflamatórias do SNC

Encefalite e Mielite

A invasão do tecido nervoso por vírus (e em determi-

nadas condições por bactérias, fungos ou outros agentes) pode produzir infecção do sistema nervoso central. No encéfalo ela é denominada *encefalite*, e na medula, *mielite*. Ambas as condições apresentam uma variedade de possíveis sintomas motores e sensitivos, incluindo paralisia, coma e morte.

Meningite

A *meningite* é uma infecção das meninges que envolvem o encéfalo e a medula espinal. Ela é determinada por uma variedade de microrganismos, sendo os mais comuns estreptococos, pneumococos e bacilos da tuberculose. Os organismos penetram no corpo através do nariz e da garganta. A meningite produz febre alta, dor de cabeça intensa e rigidez da nuca. Nos casos extremos, a meningite pode determinar coma e morte.

Tumores do SNC

Muitos dos tumores do SNC se desenvolvem a partir das células da glia, incluindo-se os olidodendrócitos que formam o neurilema, não sendo incomum que esses tumores possam ser formados por células das meninges. Somente muito raramente os neurônios podem produzir tumores. A presença dos tumores no encéfalo e medula espinal pode proporcionar uma grande variedade de disfunções, dependendo de sua localização. Os sintomas de um tumor podem incluir dor de cabeça, convulsões, mudanças nos padrões de comportamento, dor e paralisia. Essas disfunções resultam da destruição do tecido nervoso pelo tumor, aumento da pressão intracraniana ou edema do tecido nervoso. Os tumores podem ser tratados por remoção cirúrgica ou destruídos por terapia química ou de radiação.

RESUMO

O ENCÉFALO pp. 379-399

TELENCÉFALO cérebro no adulto; contém dois ventrículos laterais

Córtex do cérebro camada externa de substância cinzenta; neurônios desmielinizados.

Núcleos da base estruturas de substância cinzenta profundamente situadas no interior dos hemisférios cerebrais.

Substância branca tractos de fibras nervosas mielínicas.

TRACTOS DE FIBRAS NERVOSAS MIELÍNICAS

1. *Fibras de projeção*: conduzem impulsos motores ou sensitivos de um nível do encéfalo ou da medula para outro.
2. *Fibras de associação*: conectam áreas do córtex do mesmo hemisfério.
3. *Fibras comissurais*: conectam os hemisférios direito e esquerdo.

GIROS, SULCOS, FISSURAS E LOBOS DO CÉREBRO

Giros circunvoluções da superfície do cérebro.

Fissuras depressões profundas entre os giros.

Sulcos depressões rasas entre os giros.

Lobos do cérebro divisão por sulcos em frontal, parietal, temporal e occipital; a ínsula se localiza profundamente, no sulco lateral.

ÁREAS FUNCIONAIS DO CÓRTEX DO CÉREBRO

Área motora primária (somática motora primária) no giro pré-central do lobo frontal; controla as contrações voluntárias precisas dos músculos esqueléticos.

Área pré-motora anterior à área motora primária; determina a contração de grupos musculares, produzindo movimentos estereotipados.

Área sensitiva primária (somática sensitiva primária) no giro pós-central do lobo parietal; sensibilidade a estímulos gerais: temperatura, tato, dor, propriocepção.

Áreas dos sentidos especiais

1. *Área visual primária*: lobo occipital.
2. *Área auditiva primária*: margem superior do lobo temporal.
3. *Área olfatória primária*: face medial do lobo temporal.
4. *Área gustativa primária*: lobo parietal, próximo à superfície inferior do giro pós-central.

Áreas de associação intercomunicam as áreas motoras e sensitivas.

1. *Área de associação frontal*: local de atividades intelectuais.
2. *Área de associação somática*: centro de integração e interpretação.
3. *Áreas de associação visual e auditiva*: contri-

buem para a interpretação das experiências visuais e auditivas.

NÚCLEOS DA BASE funções motoras somáticas; parte do sistema extrapiramidal; inibe a função motora.

BULBOS OLFATÓRIOS na face inferior dos hemisférios; olfato.

DIENCÉFALO

TÁLAMO duas massas ovais de substância cinzenta que formam as paredes do terceiro ventrículo; relé sensitivo e centro integrador do encéfalo; algum envolvimento motor.

HIPOTÁLAMO localizado abaixo do tálamo; regula:

1. *Atividade simpática e parassimpática* (temperatura corpórea, balanço hídrico, apetite, atividade sexual, atividade gastrointestinal etc.).
2. *Emoções* (medo e raiva, por exemplo).
3. *Liberação de hormônios da hipófise.*

Corpos mamilares reflexos olfatórios.

Túber cinéreo contém neurônios que transportam hormônios reguladores (ou fatores) do hipotálamo para a hipófise.

Infundíbulo transporte de hormônio para o lobo posterior da hipófise.

Quiasma óptico ponto de cruzamento de algumas fibras nervosas ópticas.

EPITÁLAMO forma o teto do terceiro ventrículo; inclui o corpo pineal que tem uma possível função neuroendócrina.

SISTEMA LÍMBICO inclui estruturas que afetam as respostas emocionais.

MESENCÉFALO entre o encéfalo anterior e o encéfalo posterior.

Aqueduto do mesencéfalo comunica o terceiro ventrículo com o quarto ventrículo.

PEDÚNCULOS DO CÉREBRO *tractos* de fibras da área motora primária do córtex para a ponte e a medula espinal, e fibras nervosas sensitivas da medula espinal para o tálamo. *Núcleo rubro* coordena os hemisférios cerebral e cerebelar.

CORPOS QUADRIGÊMEOS funções visual e auditiva. (colículos superiores e inferiores).

METENCÉFALO Porção superior do encéfalo posterior; contém o IV ventrículo.

CEREBELO relacionado com funções a nível inconsciente; direção precisa, movimentos finos, e manutenção do equilíbrio.

PONTE Consiste de *tractos* de fibras nervosas que conectam o mesencéfalo com cerebelo; conecta o cerebelo com vários níveis do SNC; também afeta o padrão respiratório.

MIELENCÉFALO conhecido também como *medula oblonga* (bulbo). Inclui *tractos* motores denominados *pirâmides* em sua face ventral.

FORMAÇÃO RETICULAR recebe impulsos de vários centros do encéfalo; impulsos sensitivos dos *tractos* espinais; ativa o córtex do cérebro, mantém a vigília. Inclui *centros medulares* que controlam funções vitais como frequência cardíaca, respiratória, dilatação e constricção dos vasos sanguíneos, tosse, deglutição e vômito.

VENTRÍCULOS ENCEFÁLICOS quatro espaços que se comunicam, preenchidos por líquido cerebrospinal.

PLEXO CORÓIDE no teto de cada ventrículo, produz o líquido cerebrospinal.

MENINGES três camadas de tecido conjuntivo que envolvem completamente o SNC.

DURA-MÁTER

ARACNÓIDE

PIA-MÁTER

LÍQUIDO CEREBROSPINAL amortecedor de choques do SNC; formado a partir do sangue pelo plexo coróide; circula no interior e ao redor do SNC, e retorna ao sangue via granulações aracnóides.

FUNCIONAMENTO DO ENCÉFALO parece que nenhuma área ou estrutura do encéfalo atua isoladamente.

MEDULA ESPINAL pp. 399-411

ESTRUTURA GERAL origina 31 pares de nervos espinais.

INTUMESCÊNCIA CERVICAL forma o plexo braquial; inerva os membros superiores.

INTUMESCÊNCIA LOMBAR forma o plexo lombossacral; inerva os membros inferiores.

MENINGES DA MEDULA ESPINAL como as que se encontram no encéfalo; dura-máter, aracnóide, e pia-máter.

COMPOSIÇÃO DA MEDULA ESPINAL substância branca periférica, circundando substância cinzenta, central.

SUBSTÂNCIA CINZENTA em forma de H

Coluna posterior axônios de neurônios sensitivos dos nervos espinais desenvolve-se a partir da lâmina alar.

Coluna anterior corpos celulares dos neurônios motores somáticos cujos axônios deixam a medula através de um nervo espinal; se desenvolvem a partir da lâmina basal.

Coluna lateral somente nas regiões torácica e lombar alta; corpos celulares dos neurônios motores viscerais; desenvolve-se a partir da lâmina basal.

RAÍZES DORSAL E VENTRAL DO NERVO ESPINAL se unem em cada lado de cada segmento medular, formando um nervo espinal.

Raiz dorsal entra na medula no ápice da coluna posterior; fibras sensitivas; possui o gânglio da raiz dorsal.

Raiz ventral deixa a medula espinal pelo ápice da coluna anterior; neurônios motores somáticos e viscerais.

SUBSTÂNCIA BRANCA DA MEDULA ESPINAL envolve a substância cinzenta.

Funículo posterior, anterior e lateral, em cada lado da medula

Tractos pequenos feixes de fibras no interior dos funículos:

1. **Tractos ascendentes (sensitivos):** conduzem impulsos sensitivos aferentes, dos receptores periféricos para os centros encefálicos; todos cruzam a linha mediana no SNC.
 - a. **Fascículo grácil e fascículo cuneiforme:** sentido de posição das articulações dos músculos e localização do tato epicrítico (fino).
 - b. **Tractos espinotalâmicos:** dor, temperatura, tato, pressão.

- c. *Tractus espino-cerebelares* Propriocepção inconsciente.
2. *Tractus descendentes* (motores) levam impulsos do cérebro para os neurônios motores que regulam a musculatura esquelética

a. *Tractus piramidais* (corticospinais) originam-se de células piramidais no córtex do giro pré-central e passam pelas pirâmides do bulbo; controle voluntário dos músculos esqueléticos, especialmente movimentos de precisão.

b. *Tractus extrapiramidais* originados de vários núcleos no tronco encefálico; modificam as contrações musculares para postura e equilíbrio.

ARCO REFLEXO MEDULAR via neural através da qual impulsos sensitivos de receptores atingem os efetores sem serem conduzidos ao encéfalo.

RECEPTOR → NEURÔNIO SENSITIVO → SINAPSE → NEURÔNIO MOTOR → EFETUADOR

REFLEXO DE ESTIRAMENTO iniciado por fusos neuromusculares que respondem ao estiramento.

REFLEXO TENDÍNEO órgãos neurotendíneos, respondem ao aumento de tensão.

NÚCLEOS DE NEURÔNIOS agrupamentos funcionais de neurônios no SCN; as atividades mais simples requerem a participação de vários neurônios cujas ações são coordenadas em circuitos complexos localizados nos grupos (núcleos) de neurônios. p. 411

CONDIÇÕES DE IMPORTÂNCIA CLÍNICA: O SNC pp 411-414 Dor sinais de dor provenientes dos receptores para dor são enviados ao encéfalo e desencadeiam sensação de dor e também conduzem a reações emocionais e respostas comportamentais.

DOR REFERIDA projeção imprecisa da dor para um local diferente do local do estímulo.

DOR FANTASMA indivíduo sente dor de uma parte amputada do corpo.

QUESTIONÁRIO

- As fibras que conectam os hemisférios cerebrais direito e esquerdo formam os: (a) tractos de associação; (b) tractos de projeção; (c) tractos comissurais.
- O cérebro está dividido em hemisférios direito e esquerdo por meio: (a) da fissura longitudinal; (b) do lobo occipital; (c) do lobo parietal.
- Cada hemisfério do cérebro está dividido pelo sulco central em: (a) lobos frontal e parietal; (b) lobos parietal e occipital; (c) lobos frontal e occipital.
- A área do gosto está localizado no lobo parietal, profundamente na fissura longitudinal. Verdadeiro ou falso?
- O controle das emoções é amplamente influenciado: (a) pelo tálamo; (b) pelo hipotálamo; (c) pelo epitálamo.
- “Centros de prazer” do encéfalo estão localizados no(s): (a) corpos mamilares; (b) sistema límbico; (c) metencéfalo.
- O cerebelo é parte do: (a) mesencéfalo; (b) telencéfalo; (c) metencéfalo.
- A parte do encéfalo que controla movimentos precisos e mantém o equilíbrio é o: (a) cérebro; (b) cerebelo; (c) bulbo.
- O mielencéfalo é a divisão mais inferior do encéfalo. Verdadeiro ou falso?
- O controle da frequência cardíaca, tosse e deglutição é função do(a): (a) sistema reticular ativador; (b) ponte; (c) centros medulares.
- O nervo craniano vago é o de número: (a) IX; (b) X; (c) XI

DISFUNÇÕES DA MEDULA ESPINAL

PARALISIA causada por lesão dos tractos motores.

LESÕES DOS TRACTOS SENSITIVOS perda de várias sensibilidades, dependendo do local da lesão.

DISFUNÇÕES ESPECÍFICAS DA MEDULA ESPINAL

Tabes dorsalis degeneração progressiva do funículo posterior e da raiz posterior dos nervos espinais, causada por bactérias (sífilis).

Poliomielite causada por vírus que destroem os corpos celulares na coluna anterior da medula espinal.

Siringomielia formação de cisto na substância cinzenta da medula e do tronco encefálico, com proliferação da neuróglia do canal central.

Esclerose múltipla crônica, destruição ampla das bainhas de mielina dos neurônios da medula e do encéfalo.

DISFUNÇÕES DO TRONCO DO ENCÉFALO lesões, tumores, hemorragia, ou trauma podem produzir uma variedade de sintomas sensitivos e motores; lesões da formação reticular podem produzir coma.

DISFUNÇÕES DO CEREBELO lesões determinam disfunção nas ações coordenadas entre os grupos musculares.

DISFUNÇÕES DOS NÚCLEOS DA BASE lesões resultam em movimentos espásticos. O parkinsonismo pode estar relacionado ao metabolismo anormal de dopamina pelos núcleos da base.

DOENÇAS INFLAMATÓRIAS DO SNC

ENCEFALITE infecção do encéfalo.

MIELITE infecção da medula espinal.

MENINGITE inflamação das meninges.

TUMORES DO SNC os sintomas incluem dor de cabeça, convulsões, mudanças no comportamento, dor, paralisia; os tumores destroem o tecido nervoso, aumentam a pressão intracraniana, ou causam edema no tecido nervoso; tratamentos incluem remoção cirúrgica ou rádio e quimioterapia.