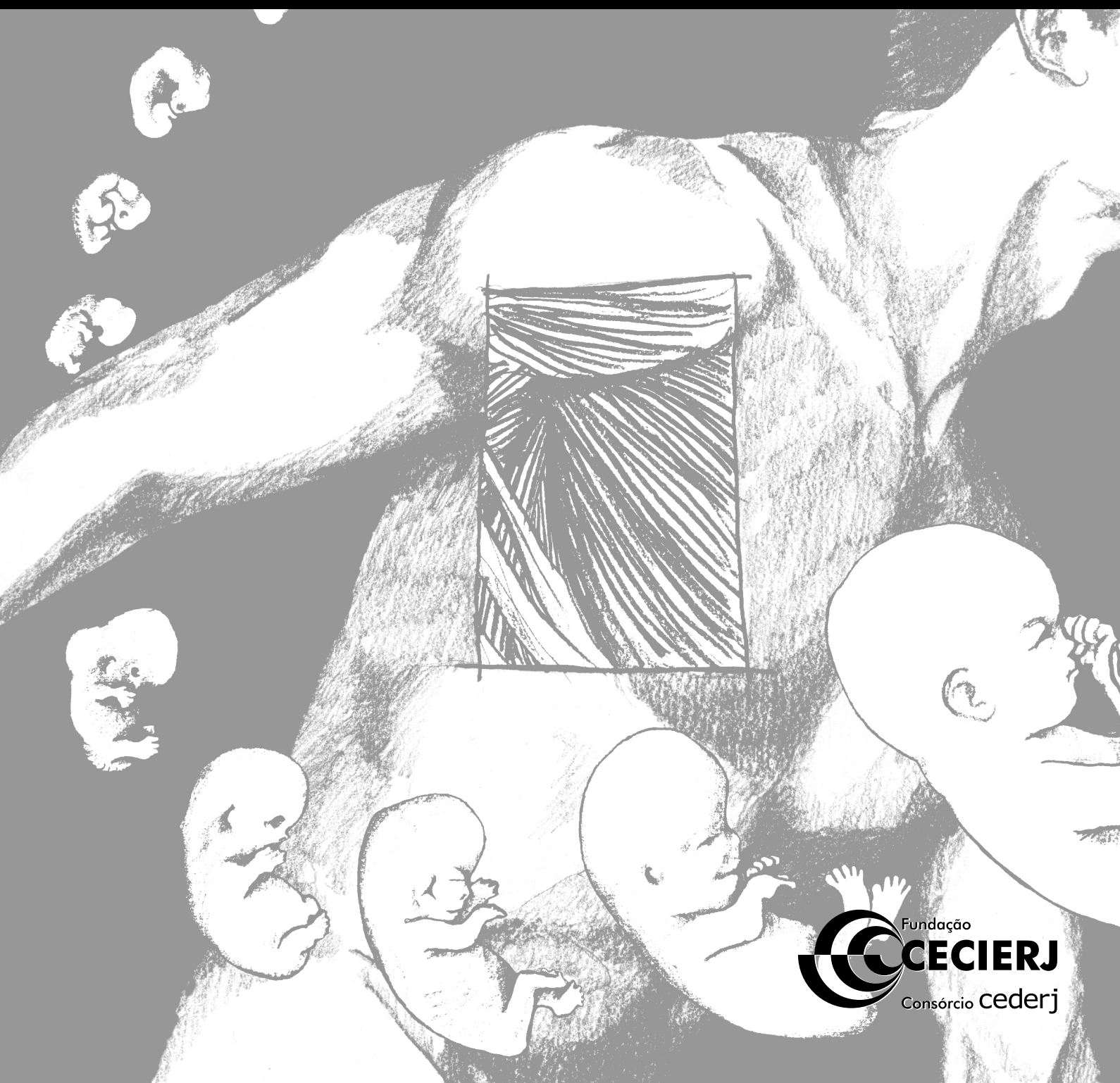


Alfred Sholl-Franco  
Alessandra Alves Thole  
Daniela Uziel  
Neide Lemos de Azevedo

Volume | 1  
2ª edição

# Corpo Humano I



## INTRODUÇÃO

Em termos evolutivos, os primeiros organismos a se estabilizar foram aqueles capazes de localizar e utilizar nutrientes necessários ao seu metabolismo. A vida de qualquer organismo depende, portanto, de sua capacidade de perceber o meio ambiente, bem como de interagir com ele. Embora todas as células vivas possam converter eventos físicos em sinais biológicos, somente algumas são especializadas em mandar para o Sistema Nervoso Central (SNC) informações sobre a detecção e discriminação de diferentes estímulos do mundo à nossa volta. Estas células são denominadas receptores sensoriais.

Em seres mais complexos, o contato com o meio ambiente externo e interno ocorre por meio dos receptores sensoriais, estruturas especializadas em transformar energia física ou química em impulsos nervosos. Alguns estímulos físicos, em forma de onda, são capazes de excitar nossos receptores sensíveis à luz ou ao som. Outros, mecânicos e térmicos, estimulam nossos receptores de tato. Já os estímulos químicos nos geram sensações de gosto e cheiro. Trataremos nesta aula apenas dos estímulos capazes de nos trazer sensações táteis e dolorosas e de seu processamento. Reservaremos a Aula 8 para visão, a Aula 9 para audição e a Aula 10 para os sentidos químicos de olfato e gustação.

## SOMESTESIA

Como sentimos os objetos que tocamos? Como definimos se algo é liso ou áspero? Por que sentimos frio? Como a dor nos faz aprender a não nos expormos ao que nos causa lesão? A resposta é uma: o sistema somestésico. O termo “somestesia”, ou o seu sinônimo, sensibilidade somática, define as diversas qualidades da modalidade sensorial que constituem nosso sentido popularmente denominado tato.

A percepção do mundo ao nosso redor, assim como a do nosso “mundo interno”, é captada inicialmente por receptores sensoriais distribuídos em toda a nossa superfície corporal (pele) e em nossos órgãos internos. Eles realizam uma filtragem altamente especializada e eficiente do estímulo, por meio de um mecanismo de transformação do estímulo físico ou químico em eletroquímico. Este mecanismo, que se inicia na membrana plasmática e utiliza a variação de seu potencial elétrico, é denominado transdução e já foi visto nas Aulas 13 e 14 de Biologia Celular I. Dessa forma, de acordo com a característica do estímulo, temos esta modalidade sensorial, a somestesia, dividida em qualidades específicas, como você pode verificar na **Tabela 8.1**.

**Tabela 8.1:** Qualidades específicas dos estímulos somestésicos e seus receptores

Modalidade Sensorial	Estímulos Ideais	Qualidades Sensoriais	Órgãos e Estruturas Sensoriais	Receptor Sensorial	
				Classes	Tipos
Tato	Térmicos	Temperatura	Pele, mucosas, viscerais, músculos, articulações	Termorreceptores	Receptores para quente e frio
	Mecânicos (pressão)	Toque discriminativo (tamanho, forma, textura, movimento)		Mecanorreceptores	Mecanorreceptores cutâneos: - órgão de Ruffini, - corpúsculo de Meissner, - corpúsculo de Pacini, - discos de Merkel
	Mecânicos (deslocamento, movimento)	Propriocepção (localização do corpo no espaço)		Mecanorreceptores	Mecanorreceptores Musculares e articulares: - órgão tendinoso de Golgi, - fuso neuromuscular
	Térmicos, mecânicos, químicos	Dor		Termorreceptores, mecanorreceptores, quimiorreceptores (nociceptores)	Nociceptores mecânicos, térmicos ou polimodais; quimiorreceptores para agentes irritantes

## RECEPTORES SENSORIAIS

Várias modalidades de receptores são capazes de intermediar a transdução de sinais, cada um de maneira particular e exclusiva. Diferentes tipos de receptores são capazes de responder a estímulos de diferentes naturezas (dentro de uma gama limitada, é claro). Temos um contínuo morfológico indo desde terminações neuronais livres (mais específicos para dor e temperatura), até receptores encapsulados de grande complexidade morfológica (mais específicos para o toque e a propriocepção) (Figura 8.1), como é o caso do corpúsculo de Pacini (Figuras 8.1.b e c). Outros receptores não ficam situados na pele, mas em músculos, tendões e articulações, e apresentam uma grande complexidade estrutural, sendo essenciais para nossos reflexos (que você verá com detalhes nas Aulas 18 e 19). Resumidamente, podemos dividir os receptores somestésicos como na Tabela 8.2, mas vejamos a seguir características mais detalhadas deles.

Tabela 8.2: Tipos de receptores táteis, suas características e localização

Tipo morfológico	Transdução	Tipo de fibra	Localização	Função	Adaptação
Terminações livres	Mecanoelétrica, Termoeelétrica, Químioelétrica	C, A $\delta$	Toda a pele, órgãos internos, vasos sanguíneos, articulações	Dor, temperatura, tato grosseiro, propriocepção	Lenta
Corpúsculos de Meissner	Mecanoelétrica	A $\beta$	Epiderme glabra (sem pêlos)	Tato, pressão vibratória	Rápida
Corpúsculos de Pacini	Mecanoelétrica	A $\beta$	Derme, periósteo, paredes das vísceras	Pressão vibratória	Rápida
Corpúsculos de Ruffini	Mecanoelétrica	A $\beta$	Toda a derme	Indentação da pele	Lenta
Discos de Merkel	Mecanoelétrica	A $\beta$	Toda a epiderme glabra e pilosa	Tato, pressão estática	Lenta
Bulbos de Krause	Mecanoelétrica Termoeelétrica	A $\beta$	Bordas da pele com as mucosas	Tato Temperatura	Lenta
Folículos pilosos	Mecanoelétrica	A $\beta$	Pele pilosa	Tato	Rápida
Órgãos tendinosos de Golgi	Mecanoelétrica	Ib	Tendões	Propriocepção	Lenta
Fusos musculares	Mecanoelétrica	Ia e II	Músculos esqueléticos	Propriocepção	Lenta e rápida

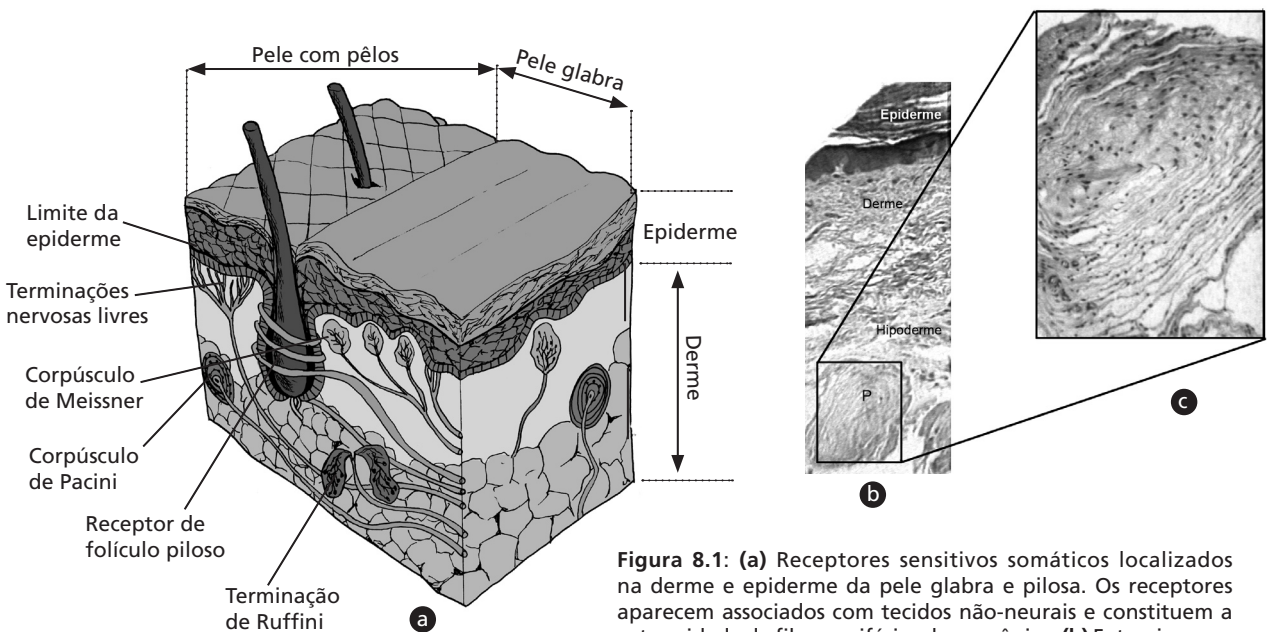


Figura 8.1: (a) Receptores sensitivos somáticos localizados na derme e epiderme da pele glabra e pilosa. Os receptores aparecem associados com tecidos não-neurais e constituem a extremidade da fibra periférica de neurônios. (b) Fotomicrografia em pequeno aumento de um corte histológico de pele humana, evidenciando os receptores contidos na derme e hipoderme. (c) Fotomicrografia em grande aumento evidenciando as lamelas das cápsulas dos corpúsculos de Pacini encontrados na hipoderme.

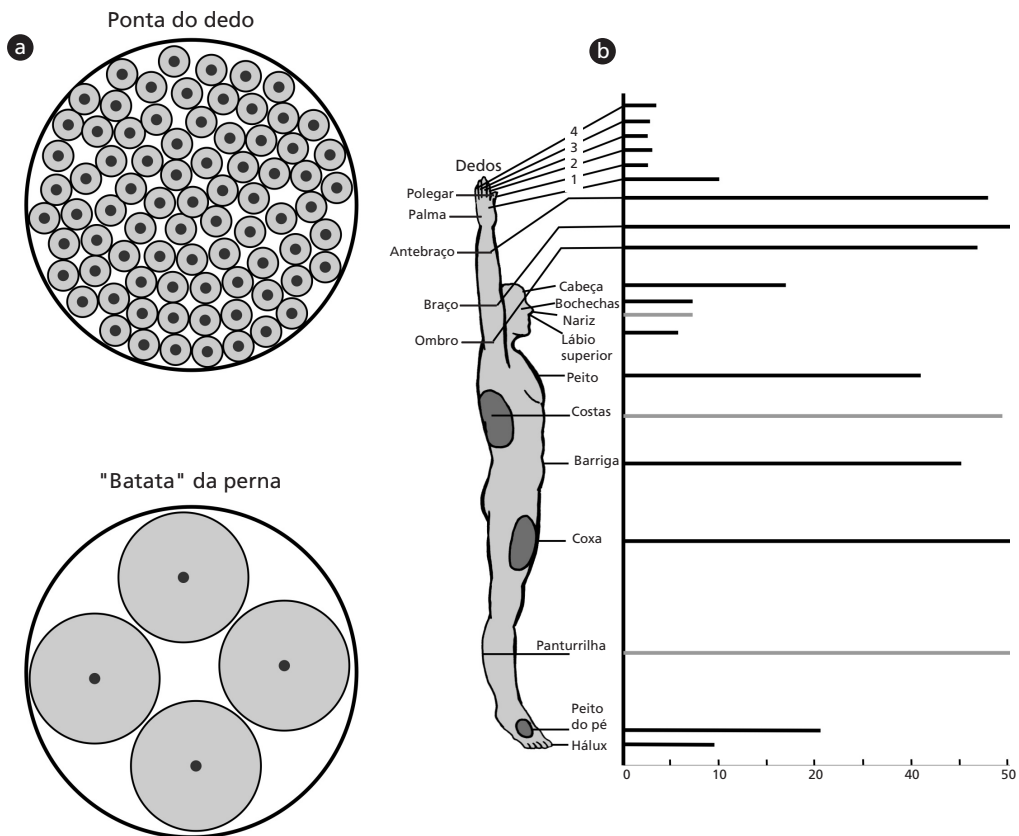
Os receptores sensoriais somestésicos são especializações do ramo terminal de axônios cujos corpos celulares estão localizados no gânglio da raiz dorsal, ao lado da medula espinhal (volte às **Figuras 6.3 e 6.7.a** e ao texto da Aula 6 para rever o conceito de gânglios). Estes corpos celulares apresentam também um prolongamento central que se dirige ao SNC, penetrando no segmento da medula referente topograficamente ao local do estímulo (veja mais adiante o conceito de dermatômos).

## CAMPOS RECEPTORES

São áreas receptivas corporais definidas, inervadas pelo terminal de um receptor, que, quando na presença de um estímulo adequado, alteram a atividade de uma única célula sensorial, excitando-a ou inibindo-a.

Ao pensarmos numa imagem de computador, falamos de sua resolução em *pixels*: quanto maior o número de *pixels*, melhor sua resolução e, conseqüentemente, melhor é a impressão que ela nos causa. Dessa maneira, podemos dizer que a resolução somestésica de uma determinada área está diretamente relacionada aos campos receptores, de maneira que, quanto maior a densidade de receptores em uma menor área (ou melhor, menor o campo receptor dos neurônios que inervam esta determinada área), maior a resolução de uma determinada área. Assim, apresentamos áreas do corpo com uma maior resolução, como a ponta dos dedos ou os lábios, e áreas “menos sensíveis”, como as costas e a panturrilha (Figura 8.5).

Nossa acuidade na determinação de pontos estimulados em nosso corpo depende do tamanho do campo receptor, da densidade de inervação da região e da convergência do estímulo para centros superiores de processamento. Podemos testar nossa resolução espacial com práticas simples, utilizando compassos de ponta-seca com diferentes aberturas. Vemos que, na ponta dos dedos das mãos, aberturas muito pequenas (< 5mm) já nos permitem distinguir entre 1 ou 2 pontos, ao passo que em regiões como as costas ou a panturrilha, somente distâncias maiores de 40mm nos permitem dizer que dois pontos estão sendo estimulados simultaneamente. Os campos receptores de neurônios sensoriais que aparecem em outros níveis da via somestésica (no bulbo, tálamo, ou córtex) são maiores e mais complexos do que aqueles dos receptores sensoriais. Eles são maiores, pois recebem estímulos convergentes de vários outros receptores, cada um com um campo receptor ligeiramente diferente, mas sobreposto na periferia.



**Figura 8.5:** (a) Comparação do número e tamanho dos campos receptores em regiões de grande sensibilidade tátil (ponta de dedos) e de pouca sensibilidade tátil (panturrilha). (b) Distância mínima de discriminação entre dois pontos de estímulos simultâneos em diferentes partes do corpo. Em (b), a linha inferior representa uma escala em milímetros.

## PERCURSO DA INFORMAÇÃO TÁTIL AO LONGO DA VIA: ORGANIZAÇÃO DA VIA SOMESTÉSICA

Na Aula 6, você já viu a organização da medula espinhal; portanto, sabe que ela é constituída centralmente de substância cinzenta e perifericamente de fibras axonais dispostas em feixes longitudinais que formam substância branca. Lateralmente, pequenos filamentos radiculares que se juntam para formar as raízes dorsal (sensitiva) e ventral (motora) dos nervos espinhais (que compõem o SNP) penetram e deixam a medula, que funciona, então, como uma estação na condução de estímulos que trafegam da periferia ao encéfalo e vice-versa.



Se você quiser refrescar a memória, dê uma paradinha, volte à Aula 6 e reveja a **Figura 6.8**.

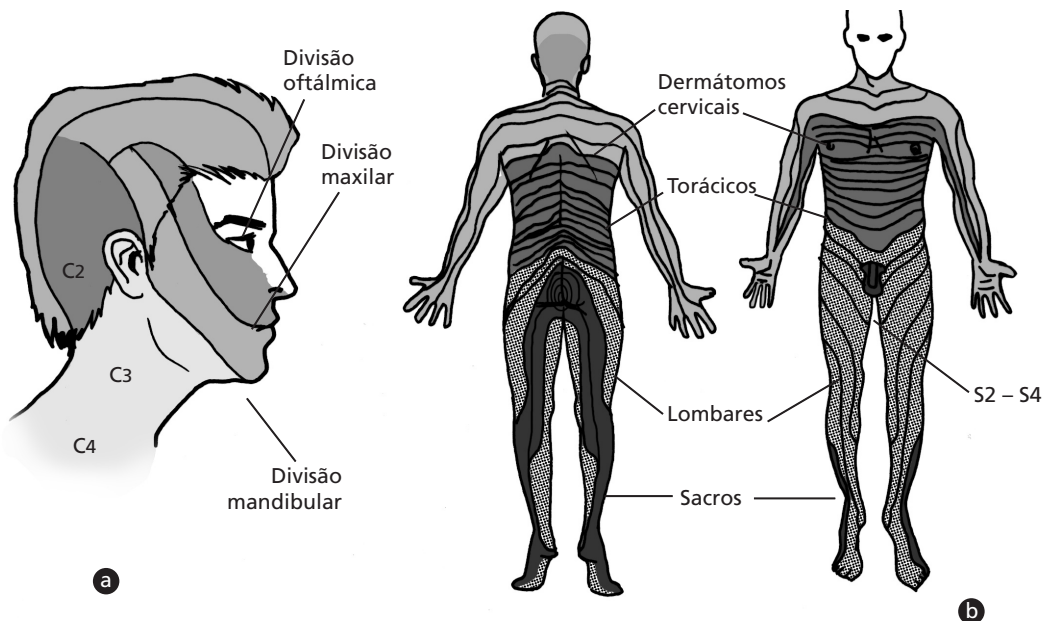


**ORGANIZAÇÃO METAMÉRICA OU METAMERIA**

É um dos princípios básicos de organização do corpo humano. Baseia-se na superposição, no sentido longitudinal, de segmentos semelhantes, em que cada segmento corresponde a um metâmero. A metameria é mais evidente durante o desenvolvimento embrionário, mas ainda permanece em alguns aspectos no adulto. Os somitos são um exemplo no embrião, e as vértebras da coluna vertebral, no adulto.

O tráfego de informação da periferia até a medula ocorre da seguinte forma: o segmento periférico dos axônios, cujos corpos celulares estão localizados nos gânglios dorsais, carregam a informação tátil até o gânglio, de onde o segmento central a leva até a medula. Dependendo do tipo de informação somestésica, a primeira sinapse já ocorrerá na medula; em outras, somente ao nível do tronco encefálico. No caso de dor e temperatura, os axônios que chegam à parte (ou corno) posterior da medula fazem sinapse neste local e cruzam para o lado oposto. Já os axônios que carregam informações de tato fino penetram na medula e emitem ramos que fazem sinapses locais, mas o axônio principal sobe para núcleos bulbares, onde fará sua primeira sinapse.

Cada segmento medular fornece a inervação sensitiva para uma região corpórea inervada por cada um desses segmentos, denominados dermatômos. Os dermatômos são as regiões da superfície cutânea inervadas pelos 31 pares de nervos espinais e pelo nervo trigêmeo, como mostrado na **Figura 8.8**. Os dermatômos apresentam uma distribuição que reflete a **ORGANIZAÇÃO METAMÉRICA** do corpo, podendo-se evidenciar uma verdadeira segmentação no sentido dos pés para a cabeça. Dessa forma, existe uma organização topográfica capaz de representar ordenadamente a superfície receptora, no SNC, desde a medula até os centros superiores no córtex cerebral. A topognosia, ou seja, a capacidade de discriminar a localização exata do estímulo na superfície receptora, se deve a essa organização.



**Figura 8.8:** Os dermatômos corporais. As regiões em padrões diferentes convergem ramos do nervo trigêmeo (a) ou para segmentos medulares diferentes (b), sendo a organização da periferia respeitada na medula e em todos os níveis hierarquicamente superiores (tronco encefálico, tálamo e córtex).

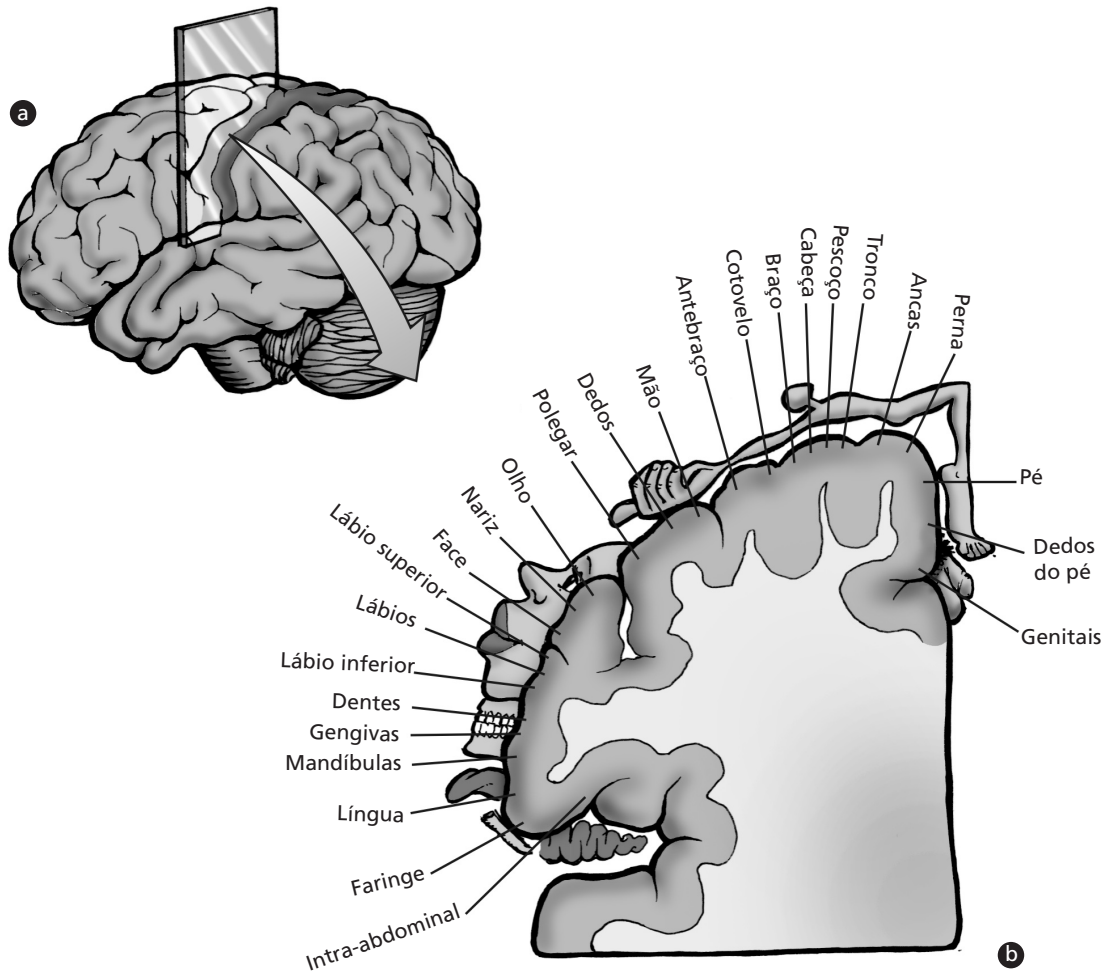
#### **CLASSIFICAÇÃO DE BRODMANN**

Korbinian Brodmann (1864-1915) foi um neuroanatomista que dividiu, com base na organização das camadas (citoarquitetônica), o córtex cerebral em 47 diferentes áreas. Veja na **Figura 9.15** da Aula 9 este mapa de áreas proposto por Brodmann.

#### **REPRESENTAÇÃO CORTICAL**

Após estabelecer sinapses ao nível do núcleo ventroposterior do tálamo, a via somática prossegue até o córtex cerebral. Esta projeção é feita sobre as áreas corticais imediatamente posteriores ao sulco central, no giro pós-central (**Figura 8.11.a**). Esta região corresponde às áreas 3, 1 e 2, segundo a **CLASSIFICAÇÃO DE BRODMANN**. Semelhantemente ao que aparece na medula, as fibras chegam ordenadamente ao córtex, mantendo uma organização espacial.

A projeção tálamo-cortical é essencialmente ipsolateral, ou seja, não há cruzamento de fibras entre tálamo e córtex. Assim, temos ao nível das áreas 3, 1 e 2 a representação da superfície corpórea contralateral, estando a cabeça representada na porção mais lateral do sulco central, e o membro inferior em sua porção mais dorsal, próximo ao sulco inter-hemisférico (Figura 8.11.b).



**Figura 8.11:** (a) Vista lateral de um encéfalo, evidenciando a região do córtex somestésico primário; (b) é uma "fatia" retirada desta região, onde está representada a superfície corporal do indivíduo.

### SOMATOTOPIA

Organização ponto a ponto do corpo representada no córtex cerebral.

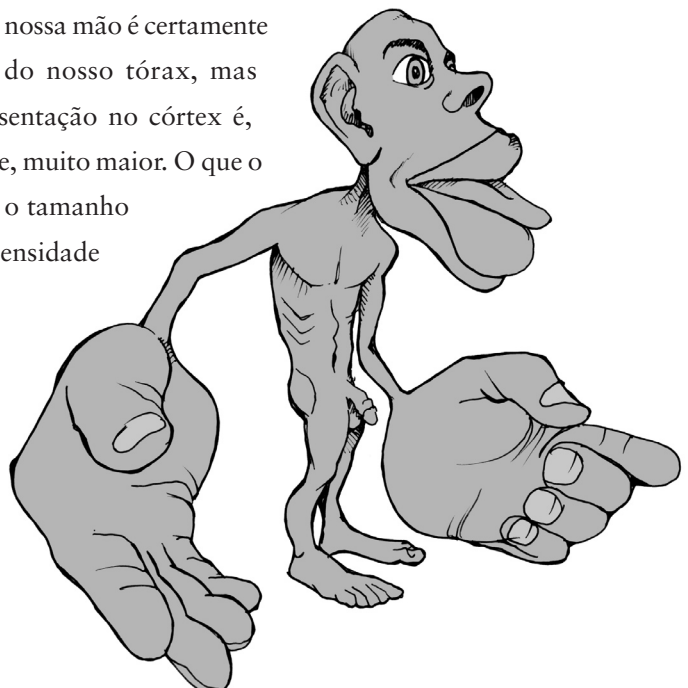
### PENFIELD

Neurocirurgião canadense que estimulou diferentes pontos do córtex cerebral de paciente sob anestesia local. Desta forma, localizou as áreas de representação da superfície corporal e propôs a figura do homúnculo.

A esta região de projeção **SOMATOTÓPICA**, localizada nas áreas 3, 1 e 2, reservamos a denominação área primária da sensibilidade somática ou córtex somestésico primário, ou abreviadamente S1. No entanto, não é esta a única região de representação cortical da sensibilidade somática. Existe na porção mais ventral do lobo parietal, parcialmente oculta no interior do sulco lateral, uma outra região de projeção que denominamos área secundária ou S2. Encontramos também em S2 um arranjo espacial, estando a totalidade do corpo representada sem, no entanto, a mesma riqueza de detalhes observada em S1.

A representação da superfície corporal não reflete, porém, a extensão da superfície que reproduz, mas sim a densidade de receptores existentes nestas. Assim, áreas ricamente inervadas, como os lábios e os dedos das mãos, ocupam uma porção cortical mais extensa do que áreas de menor inervação, como o dorso ou a panturrilha. Temos, assim, a representação cortical deformada que gera o homúnculo (**Figura 8.12**), sugerido por **PENFIELD** (1891-1976) em seus estudos de eletrofisiologia com pacientes humanos acordados. Volte à **Figura 8.5** e veja como a densidade de receptores é alta na ponta dos dedos quando comparada à região da panturrilha. Você consegue perceber que esta grande densidade é o fator essencial para que a representação de uma parte do corpo ocupe grande extensão cortical?

O tamanho real de nossa mão é certamente menor do que o do nosso tórax, mas sua área de representação no córtex é, proporcionalmente, muito maior. O que o córtex “vê” não é o tamanho real, mas sim a densidade de receptores.



**Figura 8.12:** Homúnculo de Penfield, mostrando a deformação da representação cortical do espaço corpóreo, segundo a densidade de inervação das diferentes regiões.

A informação somestésica não se restringe somente a S1. Há também processamento somestésico em S2 e em outras áreas denominadas associativas. A complexidade da informação somestésica é progressivamente maior fora da área primária, e é por isso que somos capazes de reconhecer bordas, contornos e ângulos a partir da palpação de objetos. Além disso, estas informações são também integradas em áreas associativas com informações visuais, por exemplo, o que nos confere a capacidade de localizar objetos no espaço e correlacionar sua característica visual com sua impressão tátil. A integração de informações táteis com nosso “léxico” mental (dicionário de palavras disperso em nosso córtex cerebral, sobre o qual falaremos melhor na Aula 9) nos permite nomear objetos e correlacioná-los com elementos conhecidos e familiares.