

RECEPTORES SENSORIAIS E SISTEMA SOMATOSSENSORIAL

Lucindo José Quintans Júnior
Márcio Roberto Viana Dos Santos

META

Mostrar ao aluno que as informações sensoriais que são enviadas para o sistema nervoso central (SNC) são fornecidas pelos receptores sensoriais espalhados por todo corpo humano e que detectam estímulos como **tato, som, luz, dor, frio e calor**. Discutiremos os mecanismos básicos pelos quais estes receptores transformam estímulos sensoriais em sinais neurais que serão processados, pelo Sistema Nervoso Central (SNC), e interpretados como sensações específicas.

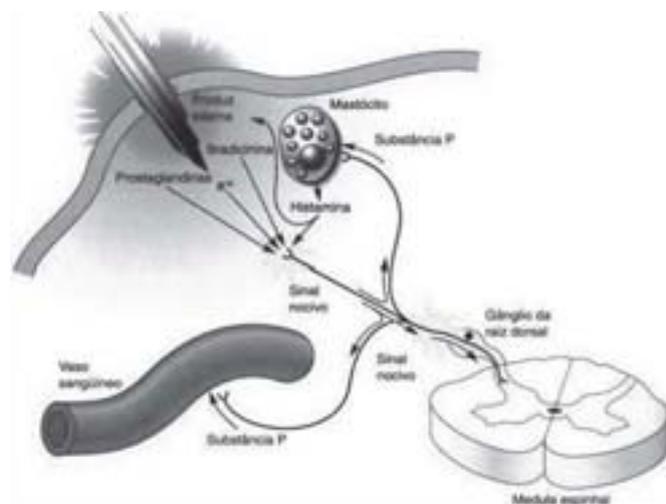
OBJETIVOS

Ao final da aula, o aluno deverá:

identificar os principais mecanismos fisiológicos na transmissão das informações; somatossensoriais e qual sua inter-relação com as sensações. Compreender as; particularidades da ativação dos receptores sensoriais, as vias centrais, o processo de transdução e a geração das sensações, tais como a sensação tátil e dolorosa.

PRÉ-REQUISITO

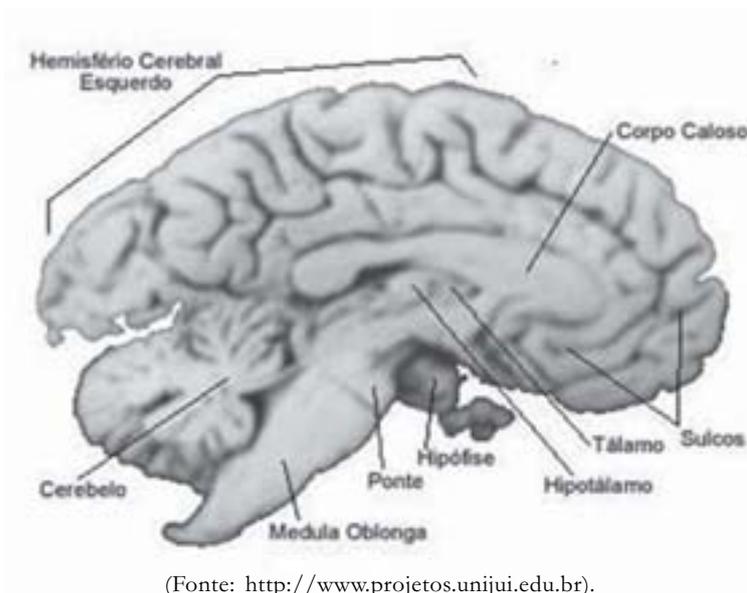
Noções de biologia celular, bioquímica, anatomia e eletrofisiologia.



(Fonte: <http://http://www.afh.bio.b>).

INTRODUÇÃO

Prezado aluno, provavelmente você já ouviu falar de sensibilidade, inclusive experimenta esta sensação todo tempo, mas o que é sensibilidade? Podemos definir sensibilidade como sendo “a capacidade de detectar e processar a informação sensorial que é gerada por um estímulo proveniente do ambiente interno ou externo ao corpo”. O responsável pelo processamento dessas informações é sistema nervoso sensorial. Portanto, é ele que realiza a análise dos estímulos oriundos dos diversos tecidos e órgãos do organismo. As informações sensoriais são usadas para atender quatro grandes funções: percepção e interpretação, controle do movimento, regulação de funções de órgãos internos e a manutenção de consciência. Para que os estímulos sejam percebidos e transformados em respostas apropriadas é necessário a ativação dos receptores sensoriais. Como veremos mais adiante a natureza desses receptores varia de uma modalidade sensorial para outra (dor, tátil, calor, etc.). O processo de conversão, chamado de transdução sensorial, é uma das principais etapas da percepção dos diversos tipos de sensibilidade. Após a transdução e a geração do potencial receptor a informação é transmitida ao SNC, por vias sensoriais, onde é convertida em uma sensação e interpretado pelos centros cerebrais superiores. A presente aula tentará levá-lo ao universo da fisiologia somatossensorial, afinal sem esse sistema não poderíamos sentir a vida que nos cerca: o cheiro, o sabor e até mesmo a textura de todos os objetos.



(Fonte: <http://www.projetos.unijui.edu.br>).

Iniciaremos a aula descrevendo o que são receptores sensoriais, quais suas funções e seus principais circuitos neuronais.

A primeira pergunta a ser formulada é: o são receptores sensoriais?

Podemos dizer que os Receptores Sensoriais são como uma série de “janelas” abertas para o meio e que essas estruturas colocam o sistema nervoso em contato com os estímulos provenientes do ambiente. É através dos receptores sensoriais que podemos “perceber” e sentir a textura, pressão, cheiro, imagens, sons, etc. Ou seja, interagir com o meio que nos cerca. Essas estruturas são os chamados órgãos sensoriais (Figura 1).

Na verdade, os receptores sensoriais são terminações nervosas modificadas especialmente preparadas para “perceber” estímulos específicos: por exemplo, os Corpúsculos de Pacini (veremos com mais detalhe ainda nessa aula) são estruturas que se encontram nas camadas logo abaixo da pele e que permitem informar o SNC sobre qualquer tipo de deformação mecânica causada na pele, tipo tocar em um lápis, uma flor, ou mesmo, perceber que fortes correntes de ar estão deformando, por mais leve que seja, a pele.

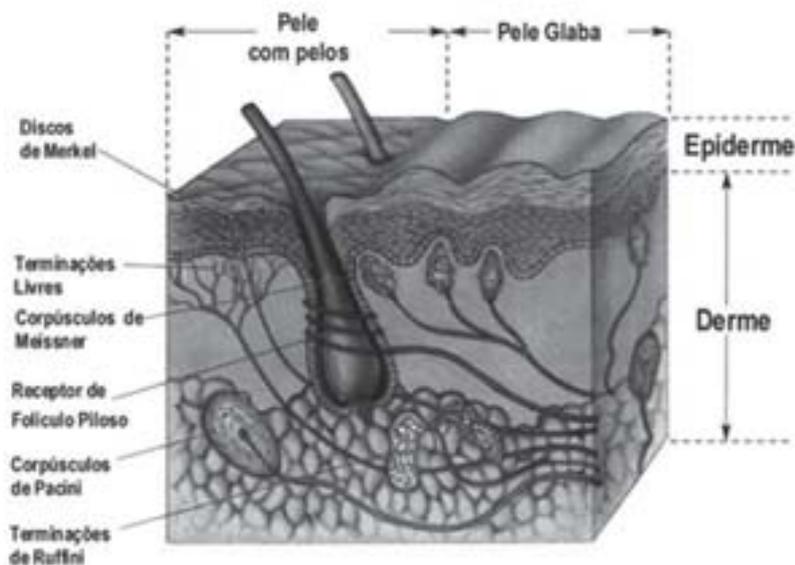


Figura 1 – Corte de pele mostrando os diferentes receptores sensoriais.
Fonte: www.editorasaraiva.com.br/.../77_pele.html

RECEPTORES SENSORIAIS E CIRCUITOS NEURONAIS

Caro aluno, as terminações sensitivas do sistema nervoso periférico são encontradas nos órgãos dos sentidos: pele, ouvido, olhos, língua e fossas nasais. Esses órgãos têm a capacidade de transformar os diversos estímulos do ambiente em impulsos nervosos. Estes são transmitidos ao SNC, de onde partem as “ordens” que determinam as diferentes reações do nosso organismo. Por exemplo: ao tocarmos com as mãos em uma superfície muito fria de forma reflexa, quase que imediatamente, retiramos a mão da superfície, pois um contato com essa superfície por um tempo prolongado poderá causar uma lesão.

Podemos classificar os receptores sensoriais de acordo com a natureza do estímulo que são capazes de captar, sendo classificados em:

- a) Quimiorreceptores - Detectam substâncias químicas. Exemplo: na língua e no nariz, responsáveis pelos sentidos do paladar e olfato;
- b) Termorreceptores - Capta estímulos de natureza térmica, distribuídos por toda pele e mais concentrado em regiões da face, pés e das mãos;
- c) Mecanorreceptores - Capta estímulos mecânicos. Nos ouvidos, por exemplo, capazes de captar ondas sonoras, e como órgãos de equilíbrio;
- d) Fotorreceptores - Capta estímulos luminosos, como nos olhos. Por exemplo: os cones e bastonetes.

Outra classificação é baseada de acordo com o local onde captam estímulos:

- a) Exterorreceptores - Localizadas na superfície do corpo, especializadas em captar estímulos provenientes do ambiente, como a luz, calor, sons e pressão. Exemplo: os órgãos de tato, visão, audição, olfato e paladar;
- b) Propiorreceptores - Localizadas nos músculos, tendões, juntas e órgãos internos. Captam estímulos do interior do corpo;
- c) Interorreceptores - Percebem as condições internas do corpo (pH, pressão osmótica, temperatura e composição química do sangue).

Depois de tudo que foi explicado, você poderia pensar:

Como é que dois tipos de receptores sensoriais detectam tipos diferentes de estímulos sensoriais?

A resposta é simples, pela “sensibilidade diferencial”, isto é, cada tipo de receptor é altamente sensível a *um tipo de estímulo* para qual foi desenvolvido e é *quase insensível às intensidades normais dos outros tipos de estímulos sensoriais*.

É importante que o aluno fixe que os receptores sensoriais são seletivos (ou *parcialmente seletivos*) em relação aos estímulos que traduzem. Cada um dos receptores possui uma peculiaridade na maneira de responder aos estímulos adequados (frequência de estimulação) e possui campos receptivos de tamanhos diferentes. Ou seja, mecanorreceptores são sensibilizados por estímulos mecânicos, os nociceptores são sensibilizados por estímulos dolorosos e assim sucessivamente.

Para melhor compreensão vamos descrever os principais tipos de receptores sensoriais.

TIPOS DE RECEPTORES SOMATOSSENSORIAIS:

a) MECANORRECEPTORES:

Os mecanorreceptores são subdivididos em diferentes tipos de receptores, dependendo do tipo da pressão ou qualidade proprioceptiva que codificam (“percebem”). Alguns tipos de mecanorreceptores são encontrados na pele glabra (sem pêlos) e outros na pele pilosa (com pêlos). A Tabela 1 descreve os principais mecanorreceptores. Veja as características morfológicas na Figura 2.

Tabela 1 - Principais tipos de mecarreceptores

<i>Tipo de Mecanorreceptor</i>	<i>Localização</i>	<i>Adaptação</i>	<i>Sensação Codificada</i>
Corpúsculo de Pacini	Subcutâneo, intramuscular	Muito rápida	Vibração, percussão leve
Corpúsculo de Meissner	Pele glabra	Rápida	Discriminação pontual, percussões leves, vibração
Folículos Pilosos	Pele pilosa	Rápida	Velocidade, direção do movimento
Corpúsculo de Ruffini	Pele pilosa	Lenta	Estiramento, rotação da articulação
Receptores de Merkel	Pele glabra	Lenta	Indentações* verticais da pele
Discos táteis	Pele pilosa	Lenta	Indentações* verticais da pele

* (isto é, formando um relevo de pontos altos e baixos).

1. Corpúsculo de Meissner: são receptores encapsulados encontrados na pele glabra, mais precisamente nas pontas dos dedos, lábios e outras localizações onde a discriminação tátil é especialmente apurada. Eles têm campos receptivos pequenos e podem ser usados para discriminação de dois pontos (veremos adiante). Ver Figura 2.
2. Corpúsculo de Pacini: são também receptores encapsulados, semelhante ao Corpúsculo de Meissner, encontrados na pele glabra e no músculo. Eles são os de mais rápida adaptação entre os mecanorreceptores. Devido a sua rápida resposta “liga-desliga”, ou seja, ativação e desativação do receptor, podem detectar variações na velocidade do estímulo e codificar a sensação de vibração.
3. Folículo Piloso: os receptores ligados aos folículos pilosos são feixes de fibra nervosas que envolvem os folículos pilosos na pele com pêlos. Quando o pêlo é deslocado, ele excita (estimula) o receptor do folículo piloso.
4. Corpúsculo de Ruffini:
Estão localizados na derme, camada abaixo da epiderme, em regiões pilosas e glabras, e nas cápsulas das articulações. Eles têm grandes campos receptivos e são estimulados quando a pele é estirada.
5. Receptores de Merkel e discos táteis: Os receptores de Merkel são de adaptação lenta, encontrados principalmente na pele glabra, e têm campos receptivos muito pequenos. Esses receptores detectam indentações da pele. Suas respostas são proporcionais à intensidade do estímulo. Os discos táteis são similares, mas são encontrados apenas na pele glabra

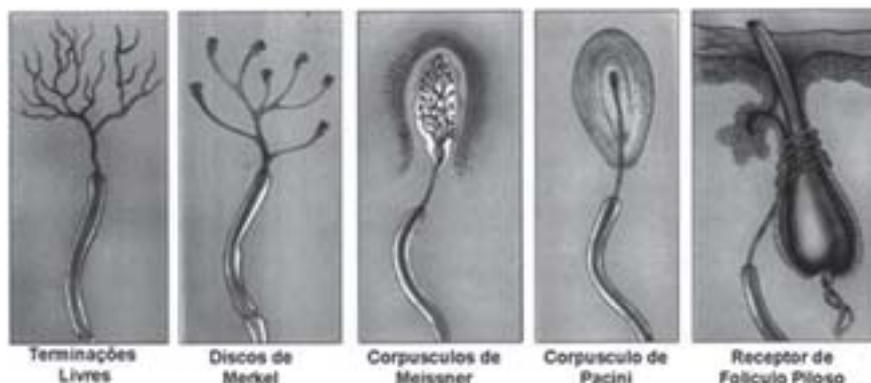


Figura 2 – Características morfológicas dos principais mecanorreceptores
Fonte: www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia

Para melhor compreensão vamos descrever com mais detalhes os mecanorreceptores da pele.

A pele nos protege do meio ambiente externo contra a continua perda de água e a invasão de microrganismos indesejáveis e também nos proporciona muitas informações sensoriais. A pele é um órgão sensorial com uma infinidade de terminações nervosas. Levando-se em consideração as regiões com pêlos e sem (glaba, como nas mãos e nos pés), Os principais mecanorreceptores estão ilustrados nas Figuras 1 e 2. Estes nos possibilitam reconhecer sensações como **tato, pressão, adejo e vibração**.

Cada um dos receptores mecânicos possui uma peculiaridade na maneira de responder aos estímulos adequados (frequência de estimulação) e possui campos receptivos de tamanhos diferentes. Veja nas Figuras 9 e 10 que os tamanhos dos campos receptivos é importante para o tato discriminativo.

Os estímulos mecânicos abrem canais iônicos mecano-dependentes (dependentes de deformação mecânica), geram potenciais receptores (PR) graduados e excitatórios de baixa voltagem na região do terminal sensitivo. Ou seja, se a despolarização atingir o limiar na zona de gatilho dos potenciais de ação (PA) (alterando o comportamento dos canais iônicos permeáveis aos Na^+ e os canais permeáveis aos íons K^+ dependentes de voltagem) serão desencadeados os PAs com frequências características (Figura 3 e 6). Os impulsos nervosos são conduzidos ao longo das fibras aferentes dos neurônios aferentes de primeira ordem até o SNC, seja através dos nervos espinhais ou cranianos, conforme a origem no corpo.

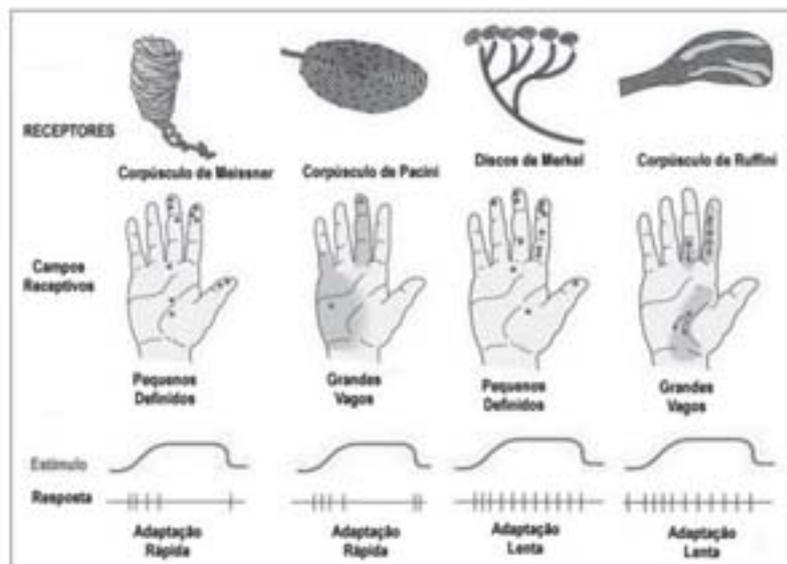


Figura 3 – Os mecanorreceptores da pele

Fonte: http://www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

Experimentamos constantemente a necessidade de examinar ativamente os objetos com as mãos para verificar características como textura, forma e peso. A pele proporciona ainda sensações agradáveis que uma leve brisa nos provoca ou de um simples “cafuné” carinhoso.

As sensações mecânicas oriundas da pele dependem de como os diferentes receptores estão espalhados pelo corpo e como respondem aos estímulos. Uma maneira muito simples permite a pesquisa sobre a sensibilidade dos mecanorreceptores da pele. Com um estimulador mecânico, são pesquisadas as frequências dos PA desencadeados nas fibras aferentes correspondentes ao campo de inervação. Sobre a palma da mão observa-se que os campos receptivos dos *corpúsculos de Pacini* são amplos e os de *Meissner*, bem pequenos (Figura 3). A tabela 1 mostra comparativamente as respostas para os demais receptores. Aplicando-se estímulos que aumentam progressivamente de intensidade, depois se torna constante e em seguida, removido rapidamente, observa-se que os *receptores de Pacini* e de *Meissner* respondem APENAS quando o estímulo está sendo aplicado e removido e durante a sustentação do estímulo, param de responder. Isto significa que a principal propriedade destes receptores é o de detectar a presença/ausência de estímulos e ignorar aqueles que se tornam constantes (receptores de adaptação rápida) (Figura 4). Tal propriedade os qualifica como excelentes detectores da frequência com que um estímulo mecânico é aplicado na pele.

Por outro lado, os *discos de Merkel* respondem melhor a taxa de variação com que o estímulo está sendo aplicado. Quando a intensidade do estímulo para de variar, a frequência dos PA diminui, ou seja, adaptam-se a estímulos constantes, porém, mais lentamente (Figura 4). Os *corpúsculos de Ruffini* respondem tanto à aplicação como à manutenção do estímulo, quase sem nenhuma alteração na frequência dos PA. Estes receptores de adaptação mais lenta têm como propriedades, detecção da duração e intensidade dos estímulos mecânicos sobre a pele.

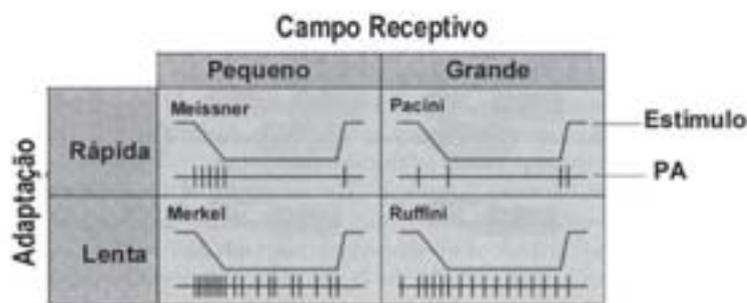


Figura 4 – Esquema do comportamento de adaptação rápida e lenta dos receptores sensoriais
 Fonte: www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

TERMORRECEPTORES

Os termorreceptores são receptores de adaptação lenta que detectam a temperatura da pele. Os dois tipos são: os receptores de frio e os receptores de calor. Cada tipo de receptor funciona em uma ampla faixa de temperatura, com alguns se sobrepondo na faixa de temperatura moderadas (por exemplo: aos 36 °C, os dois tipos de receptores estão ativos). No Quadro 1 está descrito a sobreposição no eixo das temperaturas. Veja na Figura 19 que os eixos da temperatura estão sobrepostos em várias faixas.

Devido a essa sobreposição o corpo humano tem dificuldade em referenciar temperatura com exatidão. Por exemplo: Sem a ajuda de um termômetro, me diga qual a temperatura exata do ambiente, nesse exato momento? Dificilmente você irá acertar, visto que os eixos dos receptores que percebem temperatura estão sobrepostos.

Ou seja, a sensação térmica percebida é proveniente da estimulação de receptores sensíveis para diferentes quantidades de calor; não há receptores para o frio absoluto. Reconhecemos a sensação de calor e frio em função do modo como os receptores térmicos respondem. Estes receptores são terminações nervosas livres e detectam variações térmicas muito pequenas.

Quadro 1 - Sobreposição no eixo das temperaturas

<p>Sobreposição no eixo das TEMPERATURAS:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Acima de 36°C: receptores FRIO QUIESCENTES✓ Abaixo de 36°C: receptores CALOR QUIESCENTES✓ Acima de 45°C: receptores CALOR INATIVOS <p>Frio: fibras Aδ e C (20 a 35°C) Calor: fibra C (35 a 45°C)</p>
--

NOCICEPTORES

Outro importante receptor sensorial é o **nociceptor**. Esse receptor sensorial envia sinal que causa **a percepção da dor** em resposta a um estímulo que possui potencial de dano. Nociceptores são terminações nervosas responsáveis pela **nocicepção**. Muitos dos nociceptores são terminações nervosas livres (Ver Figura 2).

E o que é NOCICEPÇÃO?

A **nocicepção** é um termo neurofisiológico que se refere aos mecanismos neurológicos através dos quais se detecta um estímulo lesivo. Dor e nocicepção não são termos sinônimos, já que a dor é um estado subjetivo. Assim, uma vez ativada as vias nociceptivas que originarão a dor, outros fatores, tais como os sistemas endógenos de analgesia, o contexto no qual se produz a nocicepção e o estado afetivo prévio do indivíduo, influem poderosamente na forma de sentir a dor. Portanto, **nocicepção** é o mecanismo de percepção e condução do estímulo lesivo, enquanto que **dor** é a interpretação do estímulo.

PROPRIOCEPTORES

A **propriocepção** é um termo utilizado para descrever a capacidade em reconhecer a localização espacial do corpo, sua posição e orientação, a força exercida pelos músculos e a posição de cada parte do corpo em relação às demais, sem utilizar a visão. Este tipo específico de percepção permite a manutenção do equilíbrio e a realização de diversas atividades práticas.

O conjunto das informações dadas por esses receptores nos permitem, por exemplo, desviar a cabeça de um galho, mesmo que não se saiba precisamente a distância segura para se passar, ou mesmo o simples fato de poder tocar os dedos do pé e o calcanhar com os olhos vendados, além de permitir atividades importantes como andar, coordenar os movimentos responsáveis pela fala, segurar e manipular objetos, manter-se em pé ou posicionar-se para realizar alguma atividade.

Os principais proprioceptores são:

- Órgãos tendinosos de Golgi ð são sensíveis à tração exercida nos tendões indicando a força que está sendo exercida sobre a musculatura, impedindo lesões (Figura 5).
- Fuso muscular ð se dividem em dois subtipos, fuso neuromuscular de bolsa, e de cadeia nuclear, sendo estes responsáveis pelo comprimento da fibra muscular no repouso (postura) e durante o movimento (Figura 5).
- Labirinto (também conhecido por sistema vestibular) ð localizado no ouvido junto à cóclea, é sensível a alterações angulares da cabeça. As alterações podem ser no sentido vertical (rotação vertical, deslocamento do queixo para cima e para baixo) ou horizontal (rotação horizontal ou lateral, deslocamento do queixo lateralmente, ou seja, direita e esquerda). Perturbações no sentido de equilíbrio podem levar a correções inadequadas, que em casos extremos podem impedir a manutenção da posição vertical, além de causar vertigem e náusea.

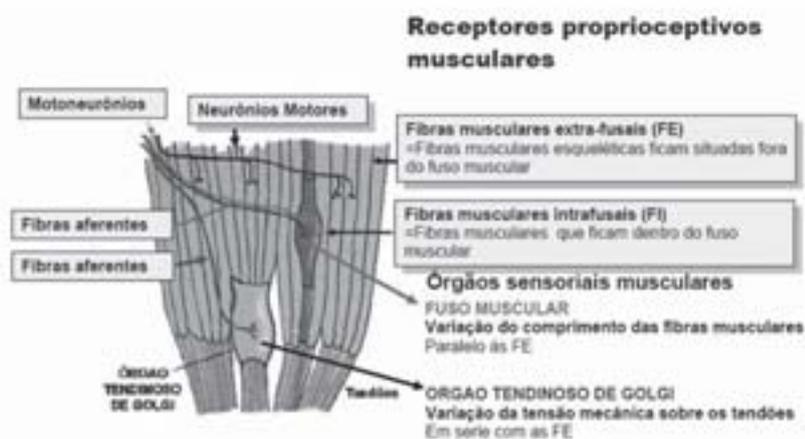


Figura 5 – Receptores proprioceptivos musculares

Fonte: http://www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

QUIMIORECEPTORES

Receptores gustativos

No homem as células gustativas (receptores) estão rodeadas por células de suporte e basais, formando uma papila gustativa; as células basais têm origem nas células epiteliais e dão origem a novos receptores; cada receptor tem um tempo de vida de aproximadamente 10 dias.

Na língua de um homem adulto existe cerca de 3000 papilas cada uma com 100 células receptoras. Apesar da nossa experiência sugerir a existência de diversos sabores, estas sensações podem ser agrupadas em 4 grupos: doce, salgado, amargo e azedo.

Contudo, fica uma pergunta: Como interagem as moléculas com a membrana para produzir sabores distintos?

A resposta é relativamente simples:

Sabe-se que cada célula receptora (quimiorreceptor) reage a um estímulo particular e que cada classe de estímulos gustativos ativam uma via celular distinta. Portanto, os estímulos azedos, caracterizados por um excesso de H^+ (meio ácido), atuam ativando receptores específicos para este tipo de estímulo.

TRADUÇÃO DO ESTÍMULO

Essa é, provavelmente, a parte mais complexa da compreensão da atividade do sistema somatossensorial. Vamos discutir com bastante aten-

ção e buscar compreender como ocorre a transformação do estímulo em sensibilidade.

MECANISMOS DE TRANSDUÇÃO SENSORIAL

Denomina-se estimulação sensorial o processo em que uma modalidade de estímulo ativa um receptor sensorial apropriado. Vamos utilizar a Figura 6 para melhor compreender esse processo.

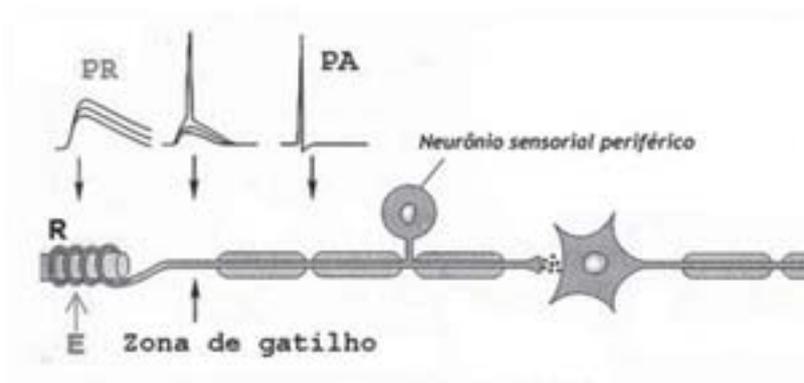


Figura 6 – Esquema da geração de um potencial receptor

Fonte: www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

Quando um estímulo atinge a região receptora (R), é gerada uma alteração no potencial de membrana semelhante ao PEPS (Potencial Excitatório Pós-Sináptico) de baixa voltagem que neste caso é denominado **potencial receptor** (PR) (Figura 6). Se a propagação do estímulo desta atividade chegar até a zona de gatilho e atingir o potencial limiar para desencadear o PA, o impulso nervoso será enviado ao SNC. Como o PR é um fenômeno graduado à semelhança dos potenciais pós-sinápticos, quanto maior o estímulo, maior será a amplitude de sua resposta e maior será a frequência de descargas dos potenciais de ação (PA) na fibra aferente. A membrana dos diferentes receptores sensoriais possui mecanismos altamente específicos que convertem os estímulos em PR. Esses estímulos físicos ou químicos abrem ou fecham canais iônicos específicos causando ou interrompendo fluxos iônicos e como consequência, mudanças temporais no potencial de membrana do receptor.

Resumindo, o que ocorre é que um estímulo supra-limiar (acima do limiar) gera um PA, como foi descrito na aula anterior, e esse PA conduz o estímulo (gerando PAs em neurônios subsequentes) até áreas superiores do SNC para ser interpretado (Figura 6).

Limiar sensorial e impressão sobre a intensidade do estímulo

A variação na intensidade do estímulo resulta na percepção quantitativa da impressão sensorial. **Denomina-se estímulo limiar a menor intensidade de estímulo capaz de produzir uma reação sensorial.** Além de qualidade e quantidade dos estímulos, a percepção sensorial resulta também em uma definição temporal do estímulo como, por exemplo, a duração e taxa de variação de um determinado estímulo. Finalmente, outro aspecto importante é que o sistema sensorial é capaz de detectar a origem dos estímulos sensoriais (localização) e informar-nos sobre a nossa posição no espaço e nos fornecer informações sobre o nosso mapa corporal.

É importante salientar que a duração de uma sensação depende das propriedades do receptor. Se um determinado estímulo persiste por muito tempo, com o tempo ficamos com a sensação de que ele diminui ou desapareceu.

Por exemplo, um exemplo fácil de compreender é relacionado ao cheiro de um perfume. Depois de um determinado tempo sentido aquele odor, pensamos que o perfume está perdendo sua essência, mas o que ocorre é que nos “*adaptamos*” ao cheiro do perfume e nossos sentidos ficam menos sensibilizados.

Esta propriedade é denominada de **adaptação**. Há dois tipos de receptores sensoriais quanto à capacidade de adaptação:

- a) Receptores tônicos ou de adaptação lenta ð são aqueles cujo potencial receptor é mantido enquanto durar o estímulo e, por conseguinte, são adequados para realizar a análise de intensidade do estímulo (Figuras 3 e 4). Por exemplo, se você aplicar uma pressão leve sobre a pele, perceberá a presença do estímulo enquanto ela dura; se aumentar a intensidade da pressão, continuará percebendo não só o aumento na intensidade do estímulo como também a sua duração.
- b) Receptores fásicos ou de adaptação rápida ð são receptores que se adaptam rapidamente ao estímulo, isto é, se o estímulo persistir por muito tempo, os potenciais receptores não serão mais gerados, bem como, os PA nas fibras aferentes primárias (Figuras 3 e 4). A sensação detectada é de aparente ausência de estímulo. Podemos exemplificar esta propriedade através da resposta dos mecanorreceptores da pele que se adaptam à constante presença da roupa que vestimo.

CAMPOS DE INERVAÇÃO

Prezado aluno, depois de compreendermos com detalhes o funcionamento dos receptores sensoriais e suas particularidades é importante que tenhamos um entendimento do campo de inervação, pois são sistema formados por neurônios que irão conduzir as informações captadas pelos receptores sensoriais até o SNC.

Podemos dizer que o **campo receptivo** corresponde à região que quando estimulada, evoca atividades dos neurônios sensitivos periféricos e centrais da via sensorial. Na Figura 7 o campo receptivo do neurônio sensorial aferente que é mais restrito e o do neurônio secundário, mais abrangente incluindo todos aos campos unitários que convergem sobre ele.

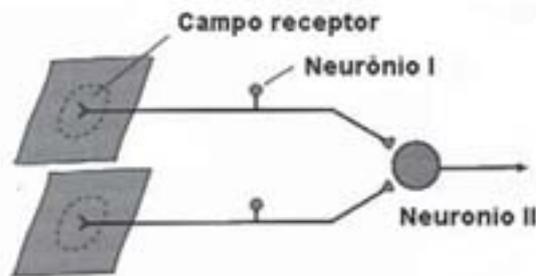


Figura 7 – Esquema do campo receptivo

Fonte: www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

Chamamos unidade sensitiva, a fibra sensitiva periférica e todas as suas ramificações nervosas associados aos receptores sensoriais. Por conseguinte, todos os receptores sensoriais de uma unidade sensitiva são todos de um só tipo.

PROPRIEDADE E MECANISMO FUNCIONAL DOS NEURÔNIOS SENSORIAIS E GRUPOS DE NEURÔNIOS

Em cada estação de retransmissão dos sistemas sensoriais, funcionam como um relê, o estímulo aferente é processado localmente por excitação e/ou inibição, proporcionando diferentes níveis de análise.

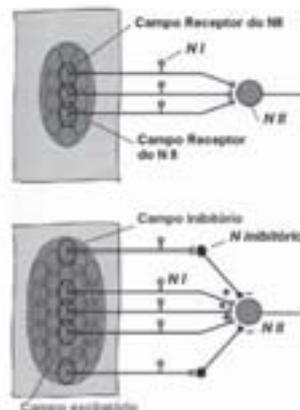


Figura 8 – Esquema do campo receptivo e da inibição lateral

Fonte: www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

A Figura 8 é um exemplo de como a origem espacial do estímulo aplicado na pele é discriminado. Para que uma estimulação puntiforme seja claramente localizada, o mecanismo de inibição lateral garante que os neurônios aferentes vizinhos não interfiram na detecção. Os neurônios inibitórios estão ativos quando o neurônio aferente não está sendo estimulado. Desta maneira, o neurônio sensorial secundário ignora informações deste campo receptivo, mas responde aos impulsos excitatórios da região estimulada. Assim uma maior nitidez na localização do estímulo se torna possível. Em cada relê de retransmissão este processo é mantido, garantido assim uma representação somatotópica no SNC.

Inibição descendente: Em quase todos os sistemas sensoriais ocorrem inibições sobre os próprios receptores bem como, sobre as vias aferentes, influenciando o nível de excitabilidade do canal sensorial.

LOCALIZAÇÃO DE UM ESTÍMULO

Vamos pensar juntos:

Como é codificada a localização de um estímulo?

- Pela ativação dos campos receptivos das fibras neurais.
- O tamanho do campo receptivo é um fator importante na determinação da resolução espacial (Figura 9).
- O campo receptivo do neurônio secundário corresponde a soma dos campos receptivos dos neurônios primários que convergem para ele.

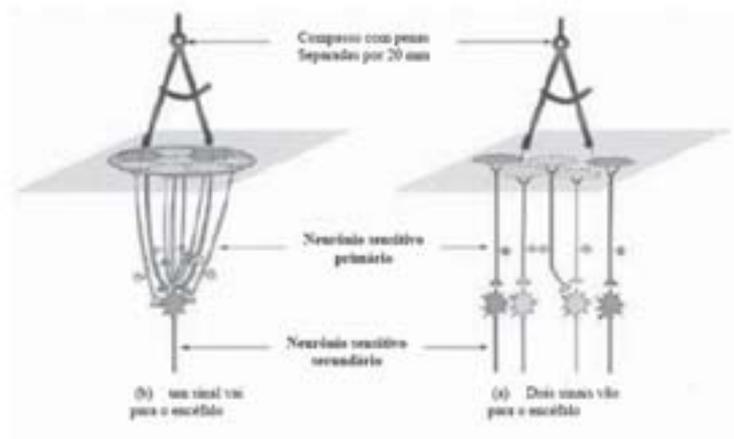


Figura 9 – Campo Receptivos e Neurônios Primários
Fonte: <http://www.fisiologiaufs.xpg.com.br/aulas>

DISCRIMINAÇÃO DE DOIS PONTOS

Um método freqüentemente usado para testar a discriminação tátil é determinar a capacidade de uma certa pessoa em discriminar dois pontos. Com o uso de um compasso ou mesmo a ponta de dois lápis é possível mapear a região da pele com maior e menor capacidade para discriminação entre dois pontos. Veja nas Figuras 10 e 11 que em regiões como nas costas ou no antebraço, a resolução espacial é bastante pequena ao contrario do dedo indicador, polegar e dos lábios. Portanto, quanto maior a capacidade de resolução espacial maior é a densidade de receptores com campos receptores pequenos e maior a área cortical dedicada para o processamento da informação dessa região do corpo.

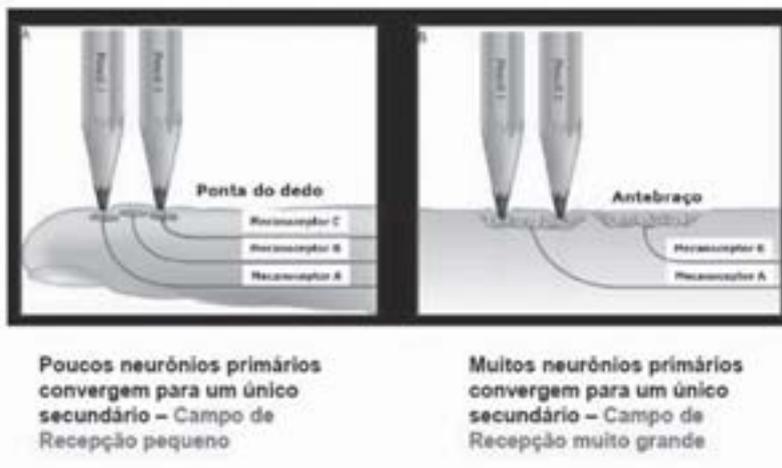


Figura 10 – Campo receptivo pequeno e campo receptivo grande
 Fonte: <http://www.fisiologiaufs.xpg.com.br/aulas>

Limiar de Dois Pontos

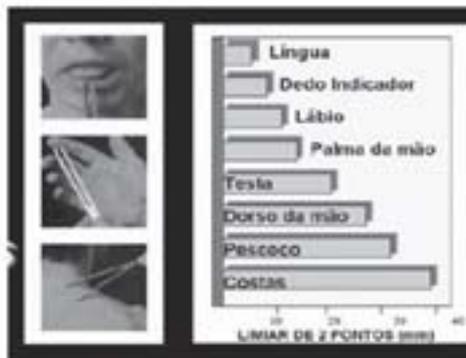


Figura 11 – Limiar de dois pontos em diversas regiões do corpo humano
 Fonte: <http://www.fisiologiaufs.xpg.com.br/aulas>

A sensibilidade que nos permite qualificar precisamente as impressões mecânicas em relação ao local de estimulação é mediada pelo tato fino (ou epicrítico). Já a sensibilidade que cujos estímulos resultam numa sensação de tato grosseiro, são chamados de protopático.

TIPOS DE FIBRAS

As vias somestésicas são constituídas por feixes neuronais (feixes de neurônios) que variam na espessura, no tipo da fibra, na velocidade de condução e na presença ou ausência de mielina.

O Quadro 2 representa os principais tipos de fibras nervosas, o principal tipo de sensação que ela conduz e a localização.

Quadro 2 - Tipos de fibras nervosas

Tipos	Classificação		Tipo de Sensação que conduz	Localização
		Alternativa		
A α	Ia		Tátil	Fusos musculares
A α	Ib		Tátil	Órgão tendinoso
A β e γ	II		Tátil	Pele
A δ	III		Temperatura, tato grosseiro, dor em alfinetada	Pele
C	IV		Dor, prurido, temperatura e tato grosseiro	Pele

VIAS SOMESTÉSICAS

Muitas vezes, as descrições anatômicas que deveriam facilitar, acabam atrapalhando a compreensão do aluno, principalmente, aquele que não tem nenhuma noção de anatomia. Portanto, tentarei explicar as vias somestésicas de forma didática e sem muito aprofundamento anatômico. Contudo, caso o aluno tenha interesse em ter um maior aprofundamento das vias é sugerido ler os livros descritos nas referências bibliográficas da Aula 2.

VIAS AFERENTES

Os impulsos aferentes somestésicos originados nos receptores do corpo (pescoço para baixo) são conduzidos pelas fibras aferentes primárias da via sensorial, cujos neurônios estão localizados nos gânglios da raiz dorsal e penetram a medula pelas raízes dorsais (Figura 14). Os que são

originados na cabeça são conduzidos principalmente pelo V par (trigêmeo) de nervo craniano.

Como as fibras sensoriais primárias (ou periféricas) possuem diferentes diâmetros e variam se são ou não mielinizadas, a velocidade com que conduzem os impulsos nervosos também varia, conforme a submodalidade sensorial. A sensibilidade nociceptiva é veiculada lentamente pelas fibras finas e sem mielina do tipo C (grupo IV) (Figura 12). Já a sensibilidade proprioceptiva é veiculada rapidamente por meio de fibras calibrosas e mielinizadas do tipo Aa (grupo I).

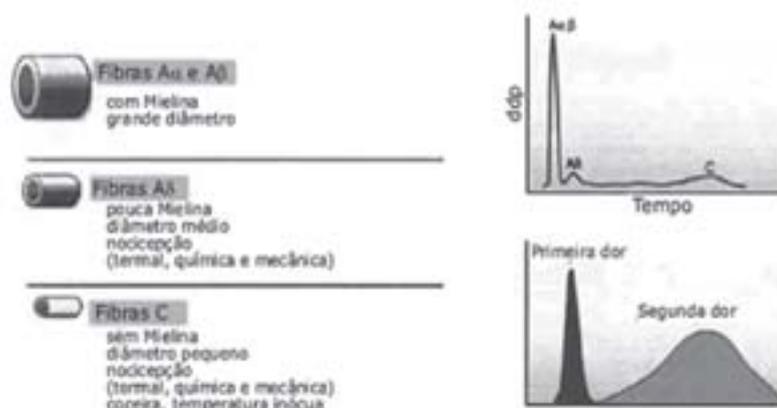


Figura 12 – Tipos de feixes axonais em neurônios sensitivos
 Fonte: <http://www.fisiologiaufs.xpg.com.br/aulas>

A organização segmentada do nosso corpo possui correspondentes nos segmentos da medula que são divididos em 4 grupos: cervical (1-8); torácica (1-12); lombar (1-5) e sacral (1-5) (Figura 13).

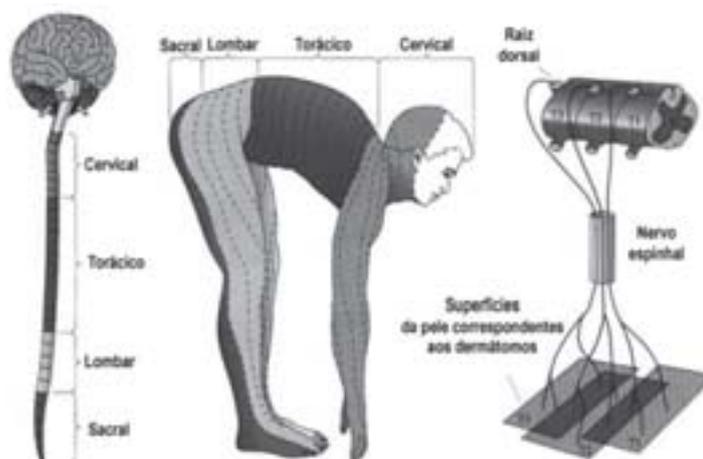


Figura 13 – Relação das raízes nervosas com as vértebras. Dermatômero
 Fonte: http://www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

Esta segmentação dividida em pares de nervos cria o que a fisiologia chama de **dermátomo** (Figura 13). O dermátomo é a região da pele que é inervada pelas raízes dorsais de um determinado segmento da medula.

Um exemplo de implicações clínicas dos dermátomos é comumente descrita em pacientes com o herpes zoster que fica hospedado nos gânglios sensitivos e quando se torna ativo, causa um aumento de sensibilidade e o paciente apresenta uma dor agonizante no dermátomo correspondente. Por vezes manifesta sensação de apunhalada e torna-se sensível a qualquer estímulo, não suportando o próprio vestuário. A pele torna-se inflamada e escamosa. Veja na Figura 18 que uma estimulação no dermátomo correspondente pode gerar um tipo de dor, denominada de dor referida, muito importante para o diagnóstico médico.

VIAS SENSORIAIS SOMESTÉSICAS

Prezado aluno, é importante que você compreenda as duas principais vias sensoriais somestésicas: sistema da coluna dorsal-lemnisco medial (CDLM) e coluna ântero-lateral (CAL). Ambas têm a sua principal projeção no lado oposto do córtex sensorial primário, portanto, a percepção consciente sobre a metade do corpo é interpretada pelo lado oposto do cérebro. As duas vias diferem quanto ao nível em que cruzam o plano mediano e o trajeto de suas fibras. Dada a importância clínica destas informações, vamos analisá-las com um pouco mais de detalhe.

Ao se aproximarem da medula, as fibras sensoriais separam-se em vários grupos de acordo com suas funções específicas, ocupando posições ordenadas dentro da raiz dorsal (Figura 14). A porção mais interna é ocupada por fibras mais calibrosas (proprioceptivas); a porção média por fibras que medeiam o tato fino e a dor rápida enquanto as mais externas, relacionadas à sensibilidade térmica e à dor lenta.

Na zona em que as raízes penetram a medula, as diversas fibras emitem colaterais que realizam sinapses com neurônios próprios da medula (Figura 14). Conforme a modalidade, algumas fibras filiam-se a feixes ascendentes, cada uma posicionada de maneira ordenada.

Na análise anatômica, pode-se identificar dois grupos de feixes de fibras ascendentes na medula: o grupo da **coluna dorsal** e o da **coluna ântero-lateral** (Figura 15). Em ambos os casos, a projeção final para o córtex sensorial somestésico é no lado oposto. Portanto, apesar do trajeto de ambos os grupos diferirem a sensibilidade geral da metade do corpo é representada no córtex somestésico oposto.

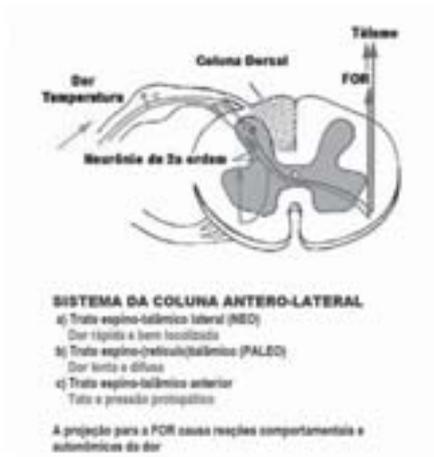


Figura 14 – Fibras aferentes primárias penetram a medula e neurônios de 2ª ordem
Fonte: http://www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico

Ao descrever as principais vias da CAL e da CDLM não é objetivo de nossa aula que o aluno decore as estruturas anatômicas, mas que compreenda qual é a via de condução de um estímulo sensorial que ocorreu a partir do estímulo de um mecanorreceptor, nociceptor, etc.

O SISTEMA DA COLUNA ANTERO-LATERAL (ESPINO-TALÂMICO)

a) Via neoespinotalâmica (Trato espinho-talâmico lateral) ð Principal via que medeia a sensibilidade dolorosa e térmica; envolve uma cadeia de três neurônios. O neurônio de 1ª ordem penetra a medula e o prolongamento central bifurca-se numa ramificação ascendente longa (que termina na coluna dorsal) e uma outra descendente, mais curta. A sinapse com o neurônio de 2ª ordem (da substância gelatinosa) é mediada, principalmente, pelo **glutamato** e pela **Substância P** (Figura 14). Os neurônios de 2ª ordem cruzam o plano mediano pela comissura branca, ganham o funículo lateral do lado oposto e ascendem cranialmente até o tálamo. Do tálamo, os neurônios de 3ª ordem (Núcleo ventral pósterolateral=VPL) partem para o córtex somestésico primário situado no giro pós-central (Figura 14). Através desta via sensações térmicas e nociceptivas são trazidas dos membros e do tronco do lado oposto, sendo que esta via medeia a sensação de *dor rápida e bem localizada* (somatotopia).

b) Via páleo-espinho-talâmica (Trato espinho-retículo-talâmico) ð possui mais neurônios na cadeia, sendo que os neurônios periféricos penetram a medula do mesmo modo que a via anterior. Os neurônios de 2ª ordem estão localizados na coluna posterior da medula e seus axônios cruzam o plano

mediano, ganham o funículo lateral do lado oposto, e projetam-se para vários pontos da formação reticular (neurônios de 3ª ordem), onde ocorrem várias sinapses antes dos neurônios reticulares projetarem-se para os núcleos intralaminares do tálamo (Figura 15). Os neurônios de 2ª ordem também sobem pelo funículo lateral do mesmo lado. Do tálamo, os neurônios projetam-se para várias regiões corticais, sendo que a sensação dolorosa mediada por esta via se torna consciente já ao nível do tálamo. Esta via ao contrário da anterior, não estabelece somatotopia* e a sensibilidade dolorosa mediada é a difusa e crônica.

Somatotopia ð Podemos definir somatotopia como distribuição de uma correspondência entre as zonas nervosas centrais, talâmicas e territórios somáticos. Em suma, a somatotopia permite uma localização especial da sensação bem definida. Por exemplo, o individuo sabe localizar exatamente onde está uma sensação de dor.

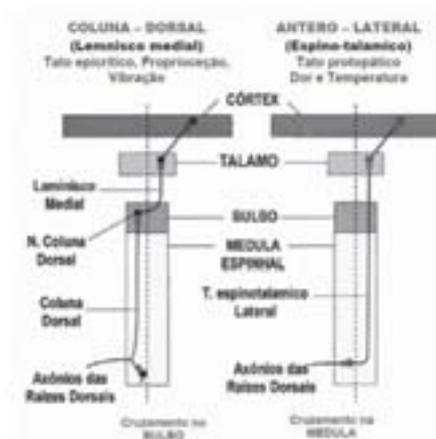


Figura 15 – Coluna Dorsal Lemnisco-Medial e Coluna Antero-Lateral
Fonte: http://www.bib.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

O SISTEMA DA COLUNA DORSAL

Relacionado ao tato epicrítico e à propriocepção consciente dos membros, as fibras aferentes primárias penetram a medula, mas só realizam sinapse com os neurônios de 2ª ordem no bulbo. Os sentidos de propriocepção consciente (dos membros), tato epicrítico e de vibração, são transportados até o tronco encefálico pelos fascículos cuneiforme e grácil. Só então, os neurônios dos núcleos homônimos (os neurônios de 2ª ordem) cruzam o plano medial e atingem o tálamo (VPL) através dos lemniscos mediais (Figura 15). Do tálamo (neurônios de 3ª ordem) projetam-se para o córtex somestésico primário no giro pós-central. Ao longo desse trajeto, há evidências de que as informações sensoriais sofrem modificações, em particu-

lar, influências inibitórias que ajudam a contrastar os estímulos, modificando a percepção em função da experiência passada.

O CÓRTEX SENSORIAL SOMÁTICO

Os sinais sensoriais de todas as modalidades de sensação terminam no córtex cerebral posterior ao sulco central. Geralmente, a metade anterior do lobo parietal está implicada quase inteiramente com recepção e interpretação dos sinais sensoriais somáticos e a metade posterior com níveis mais altos de interpretação.

ÁREAS SENSORIAIS SOMÁTICAS I E II:

Prezado aluno, antes de discutirmos o papel do córtex cerebral na sensação somática, nós precisamos ter uma orientação mais geral do córtex. A Figura 16 mostra um mapa do córtex cerebral humano, mostrando que ele é dividido por aproximadamente 46 áreas distintas, chamadas de *Áreas de Brodmann*, com base em diferenças estruturais histológicas. Obviamente, não é interesse da disciplina que o aluno memorize essas áreas, mas que ajude na localização espacial do córtex somestésico.

Existem duas importantes áreas sensoriais distintas do córtex somestésico: área *somatossensorial I (S-I)* e *somatossensorial II (S-II)*. A razão para essa divisão é que cada uma dessas áreas existe uma orientação espacial separada distinta, representativa das diversas partes do corpo.

Por exemplo, na área S-I encontram-se a parte responsável pelas sensações provenientes da região das coxas, ombro, mãos, etc. Portanto, quando tocamos nossa mão em uma superfície, a região do córtex que irá “perceber” e interpretar esse contato será a região S-I. É na região S-I onde as vias ascendentes, descritas anteriormente, irão levar todas as informações sensoriais correspondentes a nossa mão, por exemplo.

É importante salientar que essa representação acima descrita é didática, afinal no SNC vários centros atuam (tais como: sistema límbico, hipocampo, etc.) na interpretação de uma sensação.

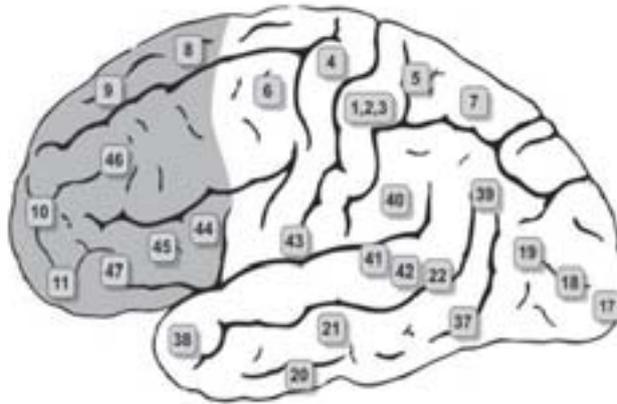


Figura 16 – Áreas de Brodmann

Fonte: http://sujs.dnp.net/bbs/images/800px-Gray726-Brodman-prefrontal_svg.png

Área somatossensorial I: localizada no giro pós-central, nas áreas de Brodmann, 3, 1 e 2 (Figura 16). Esta é mais extensa e importante que a área sensorial II. Possui um alto grau de localização das diversas partes do corpo.

Área somatossensorial II: localizada nas áreas de Brodmann, 40 e 43, em contraste a área S-I, a área S-II possui baixo grau de localização (localização é imprecisa), representa face anteriormente, os braços centralmente e as pernas posteriormente. Alguns sinais entram nesta área pelo tronco cerebral, por cima e provenientes de ambos os lados do corpo. Muitos sinais vêm secundariamente da área S-I, bem como de outras áreas sensoriais do cérebro, visuais e auditivas.

Algumas regiões do corpo são representadas por grandes áreas no córtex somático – os lábios têm a maior de todas, seguidos pela face e polegar – enquanto o tronco e a parte inferior do corpo são representados por áreas pequenas. O tamanho destas áreas é diretamente proporcional ao número de receptores sensoriais. Por exemplo, um grande número de terminações nervosas especializadas é encontrado no lábio e nos polegares, enquanto que poucas estão presentes na pele que recobre o tronco.

Esse dado fisiológico é tão marcante que se utilizássemos apenas as áreas do córtex somatossensorial responsáveis pela interpretação das diversas regiões do nosso corpo, e pudéssemos representá-lo em um esquema, teríamos algo parecido com a Figura 17 (Representação das regiões do corpo no córtex somatossensorial). Uma grande área para o lábio e polegar e uma pequena área para a pele que recobre o tronco.

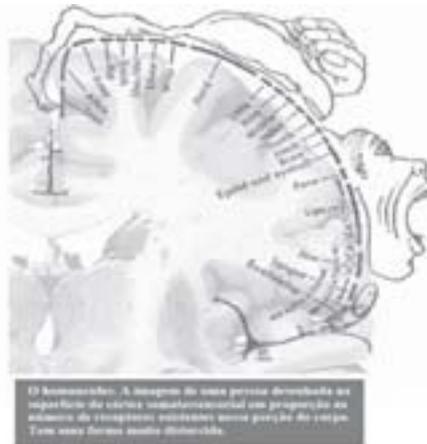


Figura 17 – Representação das regiões do corpo no córtex somatossensorial
Fonte: www.dq.fcit.unl.pt/cadeiras/fisiolcei/main/PDF/seminarios/SNC_res_1.pdf

Como a área S-I é a de melhor localização espacial e a mais bem estudada, para que você compreenda melhor a função dessa importante área veremos que caso ocorra uma lesão em S-I (por isquemia, traumatismo craniano, etc.) ocorrerá a perda dos seguintes tipos de julgamento sensorial:

1. A pessoa é incapaz de localizar precisamente as diferentes sensações em diferentes partes do corpo, por exemplo o tato na ponta do polegar (como foi descrito anteriormente, uma região ricamente inervada por terminações sensoriais). Entretanto, ela pode localizar essas sensações grosseiramente, como localizar em uma das mãos, em uma determinada região do corpo;
2. A pessoa é incapaz de analisar diferentes graus de pressão sobre o corpo;
3. A pessoa é incapaz de avaliar o peso dos objetos. Por exemplo, uma pessoa com a área S-I preservada, com os olhos vendados, ao segurar um objeto de 1 kg, mesmo sem enxergá-lo, terá condições de inserir um valor que, em geral, se aproxima do peso exato. Com a área S-I lesionada o indivíduo fica incapaz de fazer essa aproximação;
4. A pessoa é incapaz de avaliar contornos e as formas dos objetos. Isso é chamado de *estereognosia*;
5. A pessoa é incapaz de avaliar a textura dos materiais porque este tipo de julgamento depende de sensações altamente críticas causada pelo movimento dos dedos sobre a superfície que esta sendo avaliada.

Área de associação somatossensorial: localizada nas áreas 5 e 7 de Brodmann (Figura 16), no córtex parietal atrás da área sensorial somática I, desempenha importante função na interpretação dos significados mais profundos da informação sensorial dentre as áreas somatossensorial.

Só para se ter uma idéia da importância dessa área, em modelos experimentais, ao estimular eletricamente a área de associação somatossensorial pode fazer com que uma pessoa acordada experimente sensações corpo-

rais complexas, às vezes até mesmo a “sensação” de estar tocando em um objeto como uma faca, uma bola, um lápis, etc.

Em pacientes com essa região lesionada (por ex; traumatismo craniano) a pessoa perde a capacidade de reconhecer objetos e forma complexas.

SENSAÇÕES SOMÁTICAS: DOR E SENSações TÉRMICAS

DOR

Estimado aluno, apesar da sensação dolorosa ser considerada, na maioria das vezes, uma sensação desagradável, ela é um importante mecanismo de defesa do organismo. A capacidade de diagnosticar algumas diferentes doenças depende, em grande parte, da capacidade do clínico em compreender as diferentes qualidades de dor.

Atualmente, se aceita a compreensão de que a dor evoca tanto uma experiência sensorial objetiva como também subjetiva. A segunda está associada à experiência emocional de desconforto variável podendo gerar ansiedade e depressão. Dependendo do tipo de dor, além da sensação em si, expressamos respostas comportamentais somáticas (vocalização, reflexo de retirada, etc.), viscerais (alterações cárdio-circulatórias e respiratórias, sudorese, etc.) e psíquicas (alterações do humor, irritabilidade, ansiedade, depressão, etc.). Por outro lado, a intensidade com que a dor é percebida varia com a idade, experiência e estado motivacional. Trata-se de uma percepção que anuncia uma lesão tecidual devido a estímulos muito intensos ou pela ocorrência de lesões teciduais reais (inflamação, por exemplo). Apesar de evocar uma sensação desconfortável, ela tem imenso valor biológico, pois afasta o indivíduo do agente nocivo e a experiência faz com que ele o evite quando o estímulo for novamente reapresentado. Quando ocorre uma lesão tecidual a dor é um sintoma de urgência e deve ser tratada juntamente com a sua causa.

No início da aula descrevemos o conceito de nocicepção. É importante que o aluno fixe que dor é uma sensação evocada e que a nocicepção é o conjunto de respostas neurais que evocam a primeira. Ou seja, a ativação do estímulo, por si só, é considerado *nocicepção* e a interpretação subjetiva do estímulo é chamado de *dor*.

A dor pode ser classificada em dois tipos principais:

a) Dor rápida (dor *pontual, em agulhada, aguda, elétrica*) ð Este tipo de dor é sentido quando, por exemplo, uma agulha é introduzida na pele, quando a

pele é cortada. Esse tipo de dor não é sentido nos tecidos mais profundos do corpo.

b) **Dor Lenta** (*dor em queimação, persistente, pulsátil nauseante, crônica*) ð Este tipo de dor esta associado, normalmente, a destruição tecidual. Ela pode levar a um sofrimento prolongado e insuportável e pode ocorrer na pele e em quase todos os tecidos ou órgãos mais profundos.

Existem duas teorias que tentam explicar o mecanismo da transdução (“tradução da resposta”) nociceptiva:

1. Teoria da especificidade: a sensibilidade nociceptiva seria processada como qualquer outra modalidade somestésica, possuindo transdutores próprios e linhas rotuladas, porém respondendo a estímulos de alta intensidade de natureza térmica, mecânica ou química.

2) **Teoria do padrão da dor:** um mesmo nociceptor responderia a vários estímulos potencialmente lesivos, comportando-se polimodalmente.

ORIGENS DA SENSIBILIDADE DOLOROSA

1. Pele.

- **Dor rápida** (em agulhada) mediada por fibras aferentes primárias mielinizadas do tipo Ag. É um tipo de dor bem localizada quanto à intensidade e a natureza do estímulo, são provocadas por estímulos intensos de pressão e calor.

- **Dor lenta** (difusa e em queimação) mediada fibras aferentes primárias amielínicos (sem bainha de mielina) do tipo C. É um tipo de dor com pouca localização espacial e caracterização quanto a sua natureza e geralmente decorrente de lesões teciduais (queimaduras, inflamações).

2. Tecidos profundos.

- Mediada por fibras do tipo C, igualmente difusas e lentas (câimbras musculares)

3. Visceras.

- Mediadas por fibras do tipo C, igualmente difusas e lentas (cólicas)

Os nociceptores da dor rápida respondem com limiares elevados aos estímulos de pressão e calor intenso. A sensação desaparece com a remoção do estímulo, sem efeitos residuais. Por outro lado, a dor lenta está sempre acompanhada de lesão tecidual e persiste após a remoção do estímulo que o causou. Geralmente é acompanhada de reações autonômicas e emocionais.

Dor visceral direta e referida

A dor visceral ocorre quando os estímulos que vão produzir a sensação de dor provêm das vísceras.

Ela pode ser:

a) Dor visceral referida ð É transmitida pela via visceral propriamente dita, que leva à percepção da sensação dolorosa em regiões distantes do órgão de origem da dor no ponto do segmento medular onde ela se insere no corno posterior da medula. É sentida como se fosse **superficial**, porque esta via faz sinapse na medula espinhal com alguns dos mesmos neurônios de segunda ordem que recebem fibras de dor da pele. Assim, quando as fibras viscerais para a dor são estimuladas, os sinais de dor das vísceras são conduzidos por pelo menos alguns dos mesmos neurônios que conduzem sinais de dor procedentes da pele. Frequentemente, a dor visceral referida é sentida no segmento **dermatotópico** (ver Figura 13) do qual o órgão visceral se originou embriologicamente. Isso se explica pela área que primeiro codificou a sensação de dor no córtex cerebral.

Um exemplo clássico seria o caso do infarto do miocárdio onde a dor é sentida na superfície do ombro e face interna do braço esquerdo (Figura 18). Um outro caso é a cólica de origem renal que é comum o paciente sentir dor na face interna da coxa (Figura 18).

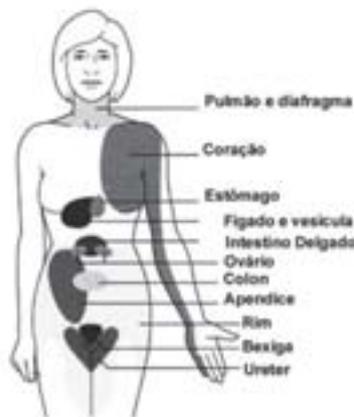


Figura 18 – Representação das regiões atribuídas à dor referida
Fonte: http://www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

b) Dor visceral direta ð É transmitida pela via parietal, a partir do peritônio parietal, pleura ou pericárdio, que leva à percepção da dor diretamente sobre a área dolorosa.

DORES MUSCULARES

A câimbra é uma contração muscular espasmódica, involuntária, extremamente, dolorosa e transitória que é causada pelo aumento da excitabilidade muscular (perda de íons Na^+ , via transpiração) e subsequente fadiga por falta de energia. Durante a contração muscular rítmica quando o suprimento sanguíneo é adequado, não sentimos dor, apenas a percepção dos movimentos. Entretanto, tão logo, o suprimento sanguíneo se torna deficiente (hipóxia) iniciam-se as dores, causadas pelo acúmulo de uma substância denominada, fator P (possivelmente, íons K^+).

ANOMALIAS CLÍNICAS DA DOR

Hiperalgésia

Quando a pele sofre uma lesão tecidual decorrente de uma queimadura instala-se um processo inflamatório, e várias substâncias são liberadas causando um efeito aparentemente paradoxal: a região em volta do local lesionado torna-se dolorida e passa a evocar dor para estímulos mecânicos e térmicos que antes eram totalmente inócuos. É como se essa região ficasse repentinamente com limiar nociceptivo mais baixo.

Portanto, podemos dizer que a **hiperalgésia** pode ser definida como uma sensibilidade exagerada à dor, podendo ser seguida de danos dos tecidos maciços contendo nociceptores ou lesão a um nervo periférico. É exatamente o contrário da **analgesia** que é a abolição da sensibilidade à dor sem supressão das outras propriedades sensitivas, nem perda de consciência.

O mecanismo de **hiperalgésia** envolve a reação inflamatória e a participação de neurotransmissores, sendo um evento bastante complexo.

ALODINIA

É quando um estímulo tátil ou térmico que normalmente inócuo (que não causa dor) começa a provocar dor. Essa sensibilização ocorre normalmente por uma condição chamada de hiperalgésia secundária. Ou seja, após a hiperalgésia primária a área ao redor da pele ferida se torna mais sensível ainda, porque os neurônios sensitivos que levam as informações sensitivas dolorosas tornam-se hipersensível.

Podemos resumir da seguinte forma: **Hiperalgésia** (É quando um estímulo doloroso torna-se mais doloroso) e **Alodinia** (Quando um estímulo inócuo passar a provocar dor).

SENSAÇÕES TÉRMICAS

Prezado aluno, o ser humano pode perceber graduações distintas de frio e calor. As graduações térmicas são discriminadas por pelo menos três tipos de receptores sensoriais: (ver **Quadro 1**).

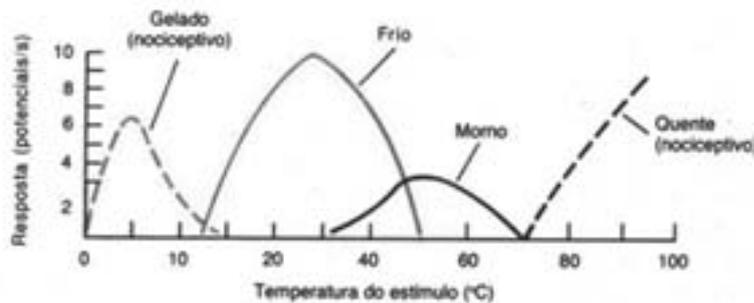
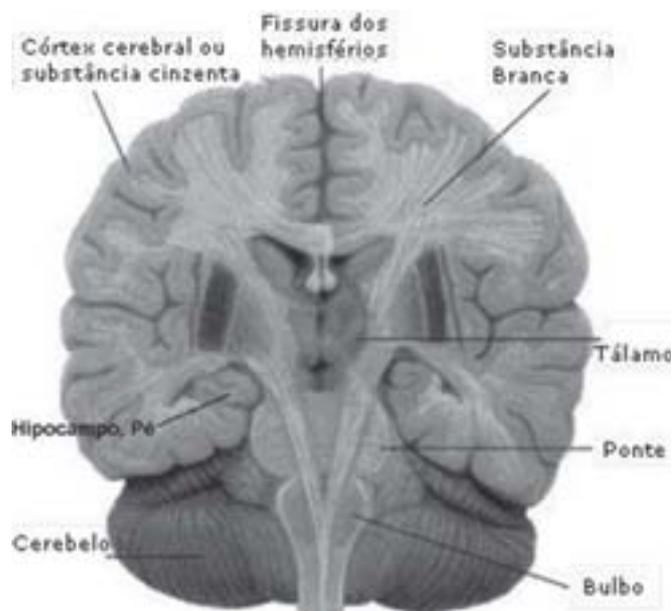


Figura 19 – Eixo da sensibilização dos termorreceptores a diversas faixas de temperaturas
Fonte: http://www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico/Neurobiologia_medica

A Figura 19 mostra os efeitos de diferentes temperaturas sobre as respostas dos quatro tipos de fibras nervosas: (1) uma fibra para dor estimulada pelo gelado (nocipetivo), (2) uma fibra para o frio, (3) uma fibra para o calor (morno), e (4) uma fibra para o quente (nocipetivo). A Figura 19 mostra estas fibras respondem diferentemente em níveis distintos de temperatura. Na região do “gelado” somente as fibras para dor-frio são estimuladas. Contudo, conforme as temperaturas se elevam para +10° ou 15 °C, os impulsos para dor-frio são interrompidos, mas os receptores para o frio começam a ser estimulados, atingindo o pico de estimulação em 24°C e diminuindo levemente acima de 40°C. Acima dos 30°C, os receptores para o calor começam a ser estimulados, mas ficam refratários por volta de 49°C. Por fim, em torno de 45°C, as fibras de dor-calor começam a ser estimuladas pelo calor e, paradoxalmente, algumas fibras para o frio começam a ser estimulados novamente, provavelmente, por causa de lesões nas terminações para o frio causadas pelo calor excessivo.

CONCLUSÃO

- Após tudo que foi colocado na presente aula, podemos concluir que:
- A sensibilidade pode ser definida como “a capacidade de detectar e processar a informação sensorial que é gerada por um estímulo proveniente do ambiente interno ou externo ao corpo”. Sem essa capacidade, nós não poderíamos perceber o meio que nos cerca;
 - As informações sensoriais são fornecidas pelos receptores sensoriais que detectam estímulos como tato, som, luz, dor, frio e calor;
 - Cada receptor é especialmente adaptado para ser sensibilizado (ativado) por estímulos específicos e são divididos em classes (mecanorreceptor, nociceptor, etc.);
 - As fibras nervosas que transmitem diferentes tipos de estímulos sensoriais são classificadas em: A α , A β , A γ , A (essas mielinizadas) e C (sem bainha de mielina);
 - Os sistemas da coluna antero-lateral e da coluna dorsal-lemnisco medial conduzem os estímulos sensoriais até os núcleos talâmicos;
 - O córtex somestésico tem áreas do corpo correspondentes na área somatossensorial, especialmente para os lábios, polegar e da face;
 - A percepção de sensações, tais como dor e térmicas, é um processo complexo e que envolve vários centros cerebrais.



(Fonte: <http://www.guia.heu.nom.br>).

RESUMO

Para resumir a extensa aula de hoje, podemos afirmar que os sistemas sensoriais transmitem informação sobre o ambiente para o SNC por meio de órgãos receptores sensoriais na pele, nos músculos, articulações e vísceras. Além disso, que o sistema somatossensorial e nociceptivo (dor) processa informações de tato, posição, dor e temperatura, usando os sistemas da coluna antero-lateral (CAL) e/ou sistema da coluna dorsal-lemnisco medial (CDLM) como complexos meios para condução de estímulos. O sistema da CDLM é constituído, em sua maioria, por fibras mielinizadas grossas, com alta velocidade de condução e com maior organização especial, tendo como modalidades sensoriais mediadas: vibração e tato discriminativo. O sistema CAL é constituído por fibras normalmente finas e amielínicas, com baixa velocidade de condução e menor organização especial, e mediando as modalidades sensoriais do tipo: dor, temperatura e tato grosseiro, ou seja, com pouco grau discriminativo. Portanto, após a geração de um estímulo (por exemplo, o toque da mão em alguma superfície muito quente, em torno de 70°C), esse é convertido em sinal elétrico nos receptores sensoriais pelo processo de transdução, que resulta em potenciais receptores, e após a interpretação no SNC ocorrerá uma resposta apropriada ao estímulo. Essa resposta apropriada pode ser medular, sem que ocorra a necessidade de que órgãos mais superiores do SNC sejam necessariamente estimulados para indução de uma resposta de defesa ao estímulo doloroso térmico. Ou seja, a presente aula mostrou os principais mecanismos fisiológicos da percepção sensitiva do homem em relação ao meio que o cerca. Para melhor fixação leia as seguintes referências: Guyton (2006) e Berner et al. (2004).



AUTO-AVALIAÇÃO



1. Em que tipo de receptor, fásico ou tônico, o potencial receptor cai abaixo do limiar, mesmo se o estímulo continuar?
2. Qual dos receptores a seguir é responsável pela mensuração da intensidade de pressão estável sobre a superfície cutânea?
 - a) Corpúsculo de Pacini
 - b) Terminações de Ruffini
 - c) Discos de Merkel
 - d) Corpúsculo de Meissner
 - e) Terminações de Krause
3. Um potencial receptor hiperpolarizante torna o potencial de membrana _____ (mais ou menos) negativo e _____ (aumenta e diminui) a probabilidade da ocorrência de potenciais de ação.
4. Com relação à fisiologia somatossensorial, assinale a alternativa INCORRETA:
 - a) Mesmo que exista lesão da área SI do córtex sensorial somático, as sensações de dor, temperatura e tato grosseiros são preservadas.
 - b) Os receptores somatossensoriais são fundamentais como transdutores da informação sensorial e, se o estímulo for supralimiar, ocorre a geração do potencial de ação.
 - c) Os receptores de adaptação rápida, por transmitirem impulsos de maneira contínua, são fundamentais na manutenção do cérebro constantemente informado sobre o estado do corpo e o meio ambiente.
 - d) A localização precisa de um estímulo será maior quanto maior for o número de receptores na área do estímulo e o menor for o campo receptivo.
 - e) Cada tipo de receptor somatossensorial é altamente sensível a um tipo específico de estímulo.
5. O sistema da Coluna Dorsal-Lemnisco Medial transmite sensações específicas e adequadas ao seu tipo de composição de fibras. Todas as sensações abaixo são transmitidas por esse sistema, EXCETO:
 - a) Sensações de tato que requerem alto grau de localização do estímulo.
 - b) Sensações de tato que requerem a transmissão de gradações finas de intensidade.
 - c) Sensações fásicas, como as sensações vibratórias.
 - d) Sensações de posição e de pressão com discriminação fina de intensidade
 - e) Dor, sensações sexuais e prurido (coceira)

PRÓXIMA AULA

Após você ter aprendido as noções básicas da fisiologia somatossensorial, dando ênfase ao tato (sensibilidade mediada pelos mecanorreceptores); a próxima aula falará sobre os outros sentidos especiais: visão, audição, olfato e paladar.



REFERÊNCIAS

- COSTANZO, L.S. **Fisiologia**. 3 ed. Editora Elsevier, Rio de Janeiro: 2007.
- BERNER RM, LEVY MN, KOEPPEN BM, STANTON BA. **Fisiologia**. 5 edição. Editora Elsevier, Rio de Janeiro: 2004.
- GUYTON AC, HALL JE. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11 ed. Editora Elsevier, Rio de Janeiro: 2006.
- KANDEL ER, SCHWARTZ JH. **Princípios da Neurociência**. 4 ed. Editora Manole, São Paulo: 2002.
- NISHIDA SM. Apostilas do Curso de Fisiologia 2007. Aulas: **Sentido Somestésico e Sistema Nervoso Sensorial**. Acessado em: 10.02.2009. Site: www.ibb.unesp.br/departamentos/Fisiologia/material_didatico
- RANG HP, DALE MM, RITTER JM. **Farmacologia**, 5 ed, Editora Elsevier, Rio de Janeiro: Brasil, 2004.
- RYAN JP, TUMA RF. Fisiologia – **Testes preparatórios**. 9 ed. Editora Manole. São Paulo: 2000.