

1.2 Modalidades sensoriais

Modalidade sensorial

Modalidade sensorial é a especificidade dos sistemas sensoriais de receber um certo tipo de informação e não outro, embora isto não seja exclusivo.

Por exemplo, o sistema visual é especializado na captação de luz. Os cones e bastonetes são ativados por um processo químico na retina, desencadeado pelo acesso de informação luminosa. Entretanto, se fecharmos nossos olhos e estimularmos as pálpebras de forma auditiva, também podemos ativar os cones e os bastonetes, gerando informação visual, ou seja, os mesmos receptores especializados em captar informações de uma modalidade específica também podem capturar informações de outras modalidades. Entretanto, modalidade sensorial se refere ao tipo de informação para a qual tais sistemas se tornaram especializados.

1.2.1 Propriocepção

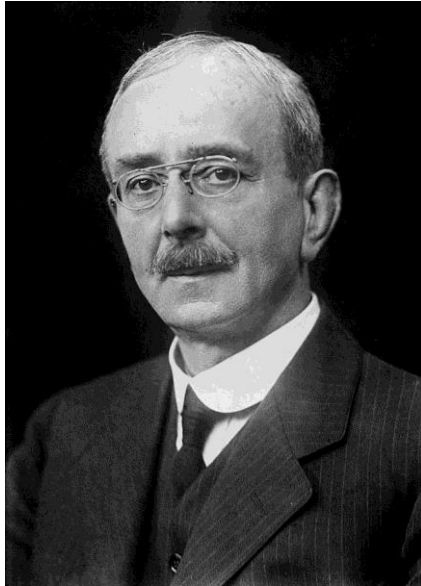
O termo **propriocepção** (ou cinestesia) foi criado por Charles Scott Sherrington (Prêmio Nobel de Medicina em 1932) entre os fins do século dezenove e o início do século vinte. "Proprio" vem de "si mesmo", "cepção" vem de "recepção", sendo assim, propriocepção significa "receber uma informação de si mesmo".

Propriocepção é um sistema sensorial que fornece informações que contribuem para a percepção geral que temos de nosso corpo, em repouso ou em movimento. O componente da percepção surge da excitação dos receptores localizados na pele, cápsulas articulares, músculos, tendões e ouvido interno.

Mas o aspecto central é o modo como essa informação é analisada pelos centros nervosos superiores. A missão do sistema propioceptivo é verificar a situação dos sistemas periféricos, responsáveis pelo movimento e não-movimento e pela posição. Os proprioceptores estimulam, consultam e consideram o estado dos órgãos e células responsáveis pela posição e pelo movimento. O sistema muscular é dominado pelo aparelho locomotor passivo, porém, o último não é apenas dominante por conta das forças mecânicas que atuam em nosso corpo, mas também devido a outros sistemas funcionais, especialmente

o neuroendócrino (por exemplo, neuropeptídeos e suas influências centrais no tecido conjuntivo).

Figura 4: Charles Scott Sherrington



Fonte: <https://goo.gl/pR6KMD>

Devemos começar com a observação de que a propriocepção é muito importante para a integração da postura e do movimento. Walter Hess teve uma brilhante ideia de analogia para explicar isto: o exemplo dos acrobatas.

Há 3 acrobatas: dois deles no chão sustentando acima de si o terceiro. Imagine que a tarefa do acrobata que está sendo levantado seja saltar. O que ocorre se os acrobatas abaixo não estiverem concentrados ou estiverem distraídos no momento em que ele pretende saltar? Podemos supor que no momento do salto, o acrobata iria empurrar seus colegas, e o gesto fracassaria. Contudo, se os dois acrobatas no chão reforçarem a ligação entre si, e apenas neste momento, ao conectar-se firmemente, o acrobata sustentado por eles saltasse, o salto teria mais qualidade, sustentação e obviamente menor risco de causar lesões àqueles que estão abaixo. Se os dois acrobatas abaixo estiverem relaxados no momento do salto, poderia ocorrer até mesmo uma fratura.

Quando o cérebro, que é o comandante dessa ação, detecta que os dois acrobatas abaixo estão distraídos, esse processo inicial de recrutar muitas fibras musculares sofrerá um processo inibitório. Se insistirmos na intenção de gerar altos níveis de força, suportados pela base com os dois acrobatas desconectados e distraídos abaixo, podemos efetivamente causar a eles sérias lesões.

Esta é a analogia que Walter Hess utilizou para explicar a relação entre postura e movimento: imagine uma linha entre os ombros dos acrobatas

acima e abaixo. Abaixo da linha "posição", acima da linha "movimento"; abaixo da linha "atividade tônica", acima da linha "dinâmica"; abaixo "estabilidade", acima "propulsão". Em suma, o que queremos dizer com isto é que a antecipação de estabilizadores posturais fornece qualidade do gesto motor. Na programação adequada do movimento humano, a atividade gama e o elo alfa-gama devem antecipar a atividade alfa. A qualidade do sistema motor propulsor nunca pode ser superior à qualidade das ações necessárias para estabilização da postura, mesmo para o propósito de geração de altos níveis de força.

A relação entre o exposto e a propriocepção é que as ações do sistema estabilizador dependem da qualidade de informação que os sistemas proprioceptivos podem potencialmente gerar, informando o sistema nervoso central. É por isso que a melhora da propriocepção otimiza a qualidade do movimento e aprimora a transferência e geração de força, reduzindo a magnitude dos fenômenos inibitórios. Isto é extremamente importante nos mecanismos de prevenção de lesões.

Quando falamos de proprioceptores, reconhecemos vários tipos com funções diferenciais e com neurônios aferentes, que se comunicam com o SNC transmitindo dados com diferentes codificações para ser interpretados e, a partir daí, gerar mais regulações relevantes do ato motor.

Figura 5: Receptores proprioceptivos



Fonte: elaborado pelo autor.

Os receptores proprioceptivos fornecem informações para a definição dos seguintes conceitos:

- *Estatestesia*: é o senso de posição ou de não-movimento.
- *Cinestesia*: se refere à sensação de modificação de posição ou movimento.
- *Coenestesia*: o agregado de impressões originadas pelas sensações orgânicas, que forma a base da consciência corporal ou do estado corporal. Ela envolve uma consciência do estado geral do corpo para desempenhar suas próprias funções e, da perspectiva neuromuscular, possivelmente pode ser descrita como o desejo e a disposição para se mexer.

Entre os diferentes proprioceptores nós encontramos: receptores **musculares** (fusos e fibras intrafusais) e de **tendões**, receptores **articulares** (Ruffini), **ligamentosos** (descritos por Camilo Golgi), receptores da **inserção do ligamento capsular** (Vater Paccini), **cutâneos** (Meiser, Golgi e Paccini), e receptores **nas fáscias**. Esses receptores nas fáscias influenciam particularmente a regulação do ato motor assim como os receptores vestibulares, influenciando sua regulação através das chamadas **máculas** (sacular e utricular, que detectam acelerações para frente, para cima e para baixo, e viradas e quebra do eixo transversal), e das **ampolas** (nos mesmos canais semicirculares, que nos permitem detectar inícios e/ou acelerações de voltas em torno dos eixos medial e longitudinal).

O arranjo desses proprioceptores será melhor detalhado conforme os processarmos de forma analítica. Basicamente as fibras musculares, os fusos neuromusculares e as fibras intrafusais encontram-se no terço médio do músculo, enquanto os corpúsculos de Golgi ficam localizados na transição músculo-tendão, pois eles monitoram o grau de tensão no tecido conjuntivo.

Os proprioceptores nos permitem compreender as diferenças entre cinestesia, estatestesia e coenestesia. Estes receptores possuem a particularidade de constantemente transmitirem informações ao sistema nervoso central. Todos os proprioceptores (receptores intrafusais, de tendões, ligamentosos, etc.) emitem uma descarga de potenciais de ação a uma certa frequência, com exceção dos receptores cutâneos. Assim que uma mudança na posição é produzida por uma tração, compressão ou torção, através da qual os receptores musculares, de tendões ou de articulações são estimulados, há uma modificação na descarga por unidade de tempo, que nos torna cientes de que nos mexemos, por exemplo, a mudança de posição.

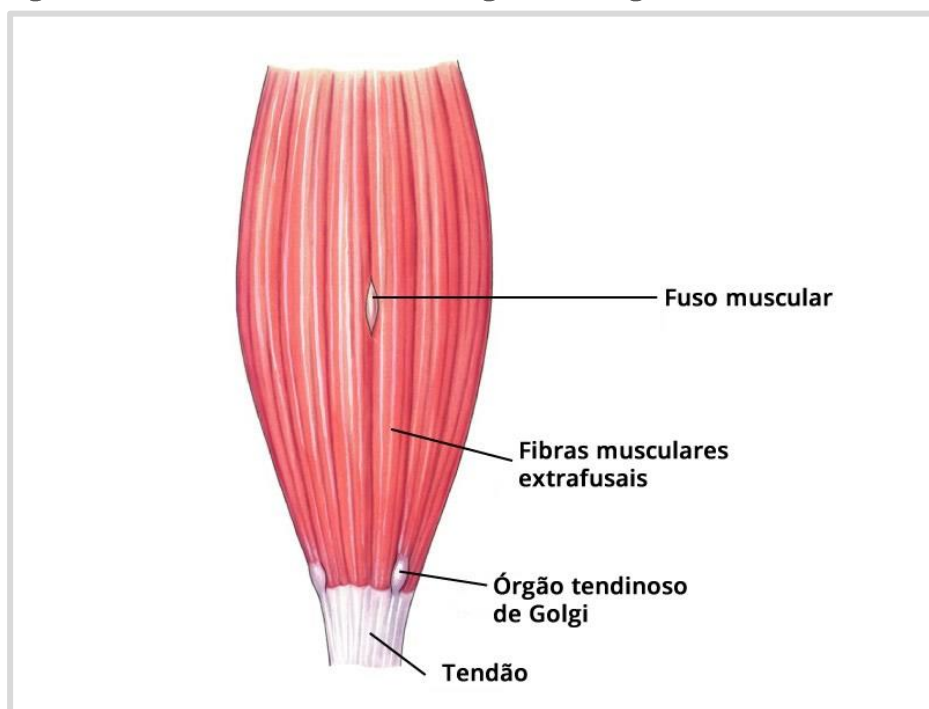
A propriocepção nos leva a reconhecer a posição por um sentido chamado **estatestesia**. Quando mudamos de posição e os mesmos receptores alteram o padrão de descarga por unidade de tempo, nós notamos esta mudança de posição e percebemos que nos mexemos. Este sentido se chama: **Cinestesia**. Estatestesia e cinestesia não são

sinônimos, entretanto, a informação através da qual nos tornamos conscientes de posição e movimento é fornecida pelos mesmos sensores.

Por outro lado, a **coenestesia** é o sentido que nos permite detectar o arranjo geral de órgãos e sistemas para o desempenho de funções a eles associadas. Muito provavelmente, você já acordou de manhã com um forte desejo de se mover, sentido-se suscetível ao movimento, desejando treinar ou se mexer, e em outros dias você se sentiu quase como se "comprimido pela atmosfera", pesado e sem vontade de se mexer. Como sentimos tais sensações para movimento? É o sentido coenestésico precisamente que nos fornece informações sobre os estados nos quais os protagonistas de nossas ações futuras são capazes de implementar apropriadamente ou não. A coenestesia também depende de propriocepção e da interocepção em geral, enquanto a cinestesia e a estatestesia são particularmente dependentes da propriocepção.

Há muitos proprioceptores, contudo, vamos descrever dois deles (os mais conhecidos) com vistas a explicar como eles operam na regulação do movimento humano. Esses dois são: fusos neuromusculares (e as fibra intrafusais que eles acomodam) e os órgãos tendinosos de Golgi. Ambos possuem um denominador comum: a fibra intrafusar monitora a extensão muscular e os órgãos de Golgi detectam o grau de tensão no tecido conjuntivo. Nenhum dos dois são sensores de força. É muito importante pontuar este fato, pois acredita-se frequentemente que os órgãos tendinosos de Golgi classificam força, enquanto o que realmente é classificado por eles é o grau de tensão no tecido conjuntivo. Deste ponto, eles irão desencadear ações reflexivas conducentes à proteção de tal aparelho locomotor passivo.

Figura 6: Fusos neuromusculares e órgãos de Golgi



Fonte: University of Costa Rica, SF, <http://bit.ly/29pwkeC>

Os fusos neuromusculares e os órgãos tendinosos de Golgi são, ao menos, aqueles para os quais está disponível a maioria da literatura descritiva e explanatória. Ambos possuem uma coisa em comum: eles registram os níveis de tensão nos tecidos conjuntivos. Nenhum dos dois é um sensor de forças, embora eles contribuam fortemente para sua modulação, e ambos desempenhem um papel central no controle motor e na previsão de lesões.

Inicialmente, vamos nos concentrar nas fibras intrafusais dentro de bolsas que são chamadas de **fusos neuromusculares**. Os fusos neuromusculares, que estão localizados no terço médio ou 'barriga do músculo' dos músculos esqueléticos estriados, são bainhas de tecido conjuntivo ligadas ao endomísio, e conectadas a ambas as extremidades do músculo esquelético estriado. Essas bainhas ou bolsas acomodam um número limitado (entre 2 e 4 e até 10 e 12) de fibras musculares especializadas que são morfológica, funcional e estruturalmente diferentes do resto das fibras aí encontradas. É justamente porque elas se encontram dentro dessas bolsas chamadas de fusos neuromusculares que estas fibras são chamadas de **intrafusais**, em distinção às fibras que se encontram do lado externo das bolsas, chamadas **fibras extrafusais**.

Dentro do fuso neuromuscular, as fibras intrafusais não são todas iguais. Há um percentual de intrafusais conhecidas como fibras em bolsa nuclear dinâmica, outras como **fibras em bolsa nuclear estática** e outras chamadas **fibras de cadeia muscular**. Falando de forma geral, da mesma maneira que encontramos fibras musculares do esqueleto estriado que

são lentas e rápidas, no fuso neuromuscular nós também encontramos intrafusais lentas e rápidas. Qual é a característica que distingue essas fibras intrafusais quando comparadas às fibras extrafusais? As fibras intrafusais possuem extremidades contráteis como as fibras extrafusais, contudo, a porção do terço médio das fibras intrafusais não possui filamentos contráteis, apenas uma extensão de sarcoplasma que contém um grande número de núcleos em seu interior. Esta porção do terço médio da fibra intrafusar está em contato (por continuidade, ou seja, através de uma ligação anatômica) com um neurônio sensorial; no caso das intrafusais rápidas, elas estão conectadas a um **neurônio sensorial tipo IA**, enquanto as intrafusais lentas estão conectadas a um **neurônio sensorial tipo IIA**, com uma velocidade de condução mais baixa.

Essa porção central da fibra intrafusar que não possui filamentos contráteis é especializada na resposta à deformação longitudinal. Quando esta porção central é esticada, ela modifica o estado de repouso do neurônio sensorial, e notifica o sistema nervoso central sobre esta mudança.

Conforme mencionado anteriormente, há três tipos de intrafusais. Aquelas denominadas fibras em bolsa nuclear dinâmica (menores, limitadas a 2 ou 3 por fuso) são especializadas, principalmente, no registro da taxa de aumento de comprimento, ou seja, a mudança na extensão no que tange à velocidade. Elas emitem dados particulares ao SNC, gerando um **reflexo dinâmico de estiramento**, que resulta na contração das fibras extrafusais. A partir dessa contração, o estiramento será limitado, protegendo assim o tecido conjuntivo de lesões.

Se entramos em quadra com os sistemas proprioceptivos descalibrados de modo que a qualidade de informação coletada por eles não seja "boa", estamos aumentando o risco de lesões, porque não teremos mecanismos adequados para a proteção do tecido conjuntivo. Pelo mesmo motivo, não seremos capazes de recrutar unidades motoras de modo eficiente, e estaremos, assim, menos limitados em nosso ato de alongamento. Caso isto ocorra de forma aguda e repentina, correremos o risco de repuxar o tecido conjuntivo, lesionando-o.

Nós também possuímos intrafusais conhecidas como fibras de retorno lento, motivo pelo qual elas são chamadas de fibras em bolsa nuclear estática (maiores e mais robustas do que as fibras em bolsa nuclear dinâmica), e aquelas conhecidas como fibras intrafusais de cadeia muscular, nas quais os núcleos localizam-se no meio (no setor não-contrátil), e não aglomerados (mas alinhados em filas). A grande diferença entre as fibras em bolsa nuclear estática e as de cadeia muscular é que, nas primeiras, o receptor tipo IIA envolve o terço central da fibra intrafusar de forma espiral (assim como faz a fibra intrafusar em bolsa nuclear dinâmica, onde o neurônio sensorial tipo IA também

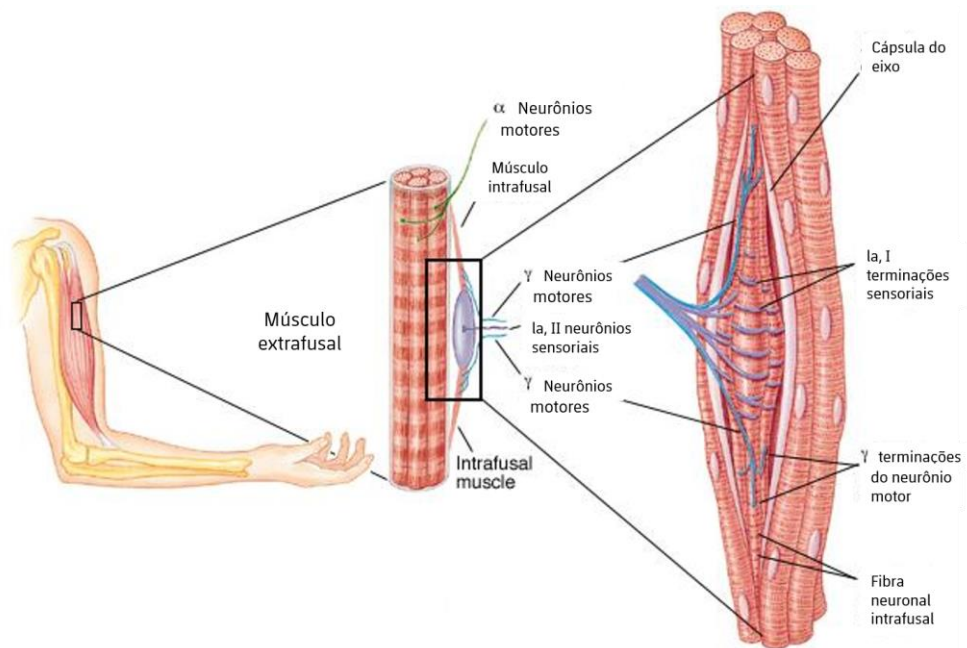
circunda a fibra intrafusar de forma espiral). Estes receptores são chamados de **receptores anulo-espirais**. As fibras intrafusais em bolsa nuclear estática, ao invés de possuírem um neurônio sensorial tipo IIA envolvendo-as em seu setor central, têm seus terminais desmielinizados diretamente depositados neste setor. Quando o neurônio sensorial parte do eixo neuromuscular, ele recupera seus conteúdos mielínicos (ele é desmielinizado dentro da fibra intrafusar).

O que as fibras intrafusais em bolsa nuclear estática e de cadeia muscular fazem? Elas não monitoram mais a velocidade de mudança de extensão, ao invés disso, elas notificam o SNC sobre a magnitude e duração da mudança na extensão; como resultado, outro reflexo chamado **reflexo miotático de estiramento** é gerado no nível da medula espinhal. Ao recrutar fibras lentas, este reflexo aumenta o tônus muscular visando proteger o tecido conjuntivo de lesões no alongamento, não mais de maneira explosiva e repentina, mas de forma cuja magnitude e duração poderiam danificar o tecido.

As fibras intrafusais, tanto em bolsa nuclear estática quanto em cadeia muscular geram um reflexo miotático de estiramento, mas há duas versões diferentes deste reflexo. Uma versão dinâmica, que recruta fibras de contração rápida e uma versão estática, que recruta fibras de contração lenta. A primeira delas se adapta muito mais rápido, e dura muito menos, assim protegendo imediatamente o tecido conjuntivo de estiramentos repentinos. A última se adapta muito mais vagarosamente, ou seja, dura mais e protege o tecido conjuntivo de lesões ao longo da duração do estiramento e do processo adaptativo.

Lembre-se de que há tipos diferentes de fibras intrafusais: aquelas enervadas pelos neurônios sensoriais tipo IA e aquelas pelo neurônio sensorial tipo IIA. Há dois tipos de informação, um que emite a velocidade de estiramento e outro que reporta sobre a extensão do estiramento. A questão agora é: se possuímos dois tipos de informações que são enviadas ao sistema nervoso central, por que existem três diferenciações morfológico-funcionais das fibras intrafusais? Quais são os três tipos diferentes de fibras intrafusais, caso haja dois tipos de dados sendo transmitidos ao SNC para a regulação do ato motor? Estas são algumas das questões que a ciência ainda não consegue responder. A distribuição de fibras intrafusais em diferentes grupos musculares varia, e isto influencia o ajustamento dos movimentos motores que necessitam de uma coordenação mais fina ou exata do que aqueles que são muito mais amplos.

Figura 7: Fusos neuromusculares



Fonte: University of Murcia, SF, <http://goo.gl/mP5BLo>

A ligação entre o neurônio sensorial e o sarcolema da fibra intrafusal é anatomicamente direta e não possui fenda sináptica. Assim, a relação é contínua, e não contígua. Essa ligação existe entre canais sensíveis ao estiramento, os quais regulam a entrada de cálcio e se comunicam com o citoesqueleto. Este processo se dá através de transdução mecânica, que altera o padrão digital. Percebemos como o neurônio sensorial, sem espaço entre si mesmo e o sarcolema da fibra intrafusal, possui uma conexão estrutural anatômica através do que são chamados canais iônicos que permitem contato direto. Isto nos permite compreender que, quando a porção central da fibra intrafusal é deformada, a estrutura do neurônio sensorial muda mais facilmente. Como resultado disto, a geração de impulsos para o SNC é modificada.

Dessa maneira, há muito para ser dito sobre como este **sistema muscular proprioceptivo** (que é o mais conhecido e mais abundante, ou o mais significativo para análise proprioceptiva) influencia a regulação do ato motor enquanto tal.

Os sistemas proprioceptivos, particularmente os fusos neuromusculares, estão sujeitos a influências geradas por outros sistemas funcionais. Como exemplo: a fibra intrafusal possui receptores que são estimulados por atividade hormonal, de modo que a concentração de testosterona, do hormônio do crescimento e do estrogênio calibram os proprioceptores. Isto afeta como eles funcionam durante ações motoras na vida cotidiana ou nos esportes. Isto poderia também explicar de que modo, ao aumentar a tensão das fibras intrafusais sob influência de tais hormônios, podemos facilmente compreender o rebaixamento no

potencial de alongamento de homens em comparação às mulheres. Outra influência das fibras intrafusais se relaciona ao estado mais ou menos gelatinoso das estruturas intra-sarcoplásmicas que as configuram, chamadas propriedades tixotrópicas.

Existem então, várias influências no fuso neuromuscular: o estado da fibra intrafusar é variável e depende de muitos fatores. Alguns deles são: fatores hormonais, fatores tixotrópicos e fatores neurotróficos. Isso será decisivo em suas implicações educacionais.

Os hormônios (tais como testosterona, hormônio do crescimento e estrogênio) são uma grande influência, pois eles possuem receptores nessas fibras. As propriedades tixotrópicas podem ser compreendidas como o grau de esterificação dos géis, ambos intrafibra e aqueles relacionados às fâscias e sua fricção. Por fim, o tônus muscular e a maior ou menor descarga do sistema gama motor, da qual depende o tônus da fibra intrafusar, e seu impacto em suas próprias respostas.

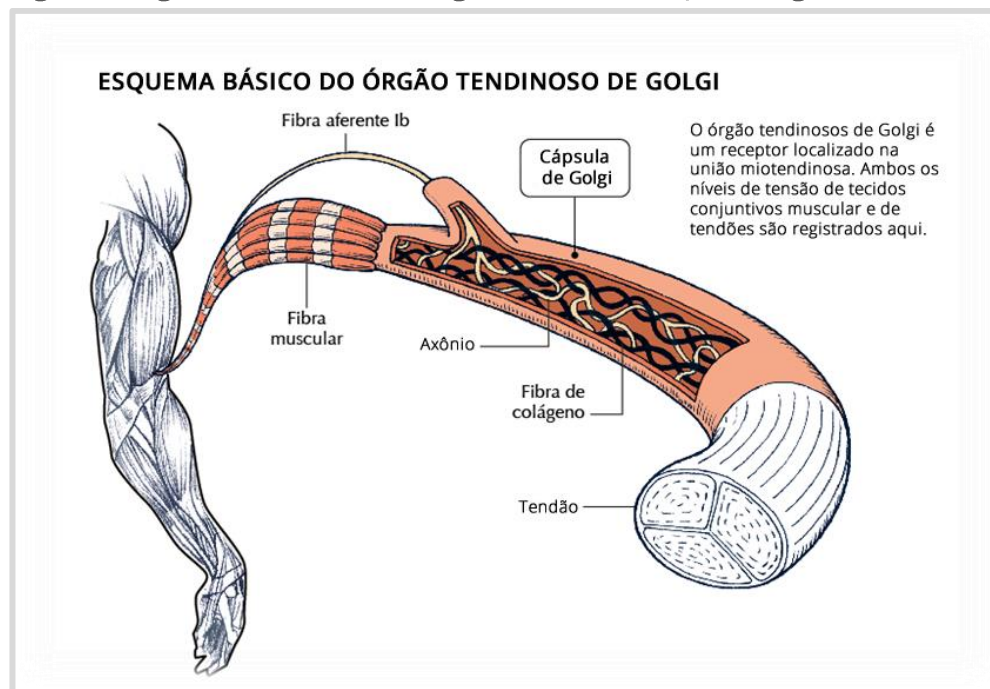
As fibras intrafusais promovem respostas reflexas regulatórias, mas, ao invés de falar sobre reflexos, tais manifestações devem ser compreendidas como **comportamento regulatório**. Elas possuem objetivos específicos e desencadeiam movimentos sinérgicos integrados com objetivos bem definidos, inerentes à conservação da homeostase. Explicaremos brevemente dois reflexos miotáticos de estiramento: primeiro, um conhecido como **dinâmico ou fásico**, que se origina da ativação das intrafusais em bolsa nuclear dinâmica (com enervação IA) e que comunica informações relativas à velocidade de estiramento. Este reflexo tem um baixo limiar e rápida adaptação, ele ativa as fibras extrafusais rápidas (FT) reflexivamente, e seu principal papel é proteger a estrutura contra estiramentos rápidos; por outro lado, há o **reflexo tônico lento**. Isso depende da ativação das fibras intrafusais em bolsa nuclear estática e de cadeia muscular (com enervação IIA), que comunicam informações a respeito da magnitude e intensidade do estiramento. Com um limiar mais alto do que as rápidas, a adaptação mais lenta, elas ativam extrafusais de resposta lenta (ST) reflexivamente.

Órgãos tendinosos de Golgi

Funcionam como um **sensor do grau de tensão do tecido conjuntivo**, tanto muscular quanto de tendões. Talvez sua maior contribuição seja o fato de que se envolvem com a prevenção de lesões ao ativar o reflexo de inibição autógena. Quando os níveis de carga mantidos pelo tecido conjuntivo são excessivos, os órgãos de Golgi promovem uma resposta inibitória de regulação. Em sua expressão máxima, isto é conhecido como uma reação de canivete (*clasp-knife*). Eles realizam outras funções importantes no controle motor em geral e, aparentemente, também são

encontrados nas fáscias, embora pouco se saiba sobre essas localizações e suas funções específicas.

Figura 8: Órgãos tendinosos de Golgi, reflexo de inibição autógena



Fonte: Di Santo, A. 2011.

O **reflexo de inibição autógena** é trineuronal e bissináptico. Antes de estirar-se, ele leva mais tempo para promover seus efeitos específicos do que o reflexo de tração e estiramento, e a maioria dos registros mostra que seu efeito inibitório predomina sobre a excitação do reflexo de tração e estiramento apenas após 6 segundos. Seus efeitos inibitórios podem ser rapidamente revertidos. Durante gestos dinâmicos, sua contribuição não parece ser inibitória, e sim excitatória; assim, nas regulações posturais e motoras, suas responsabilidades parecem ser diferentes, embora pouco se saiba a respeito da última função. Este reflexo (inibição autógena) é promovido por todos os estímulos que geram um aumento na tensão do tecido conjuntivo, tais como estiramento, massagem de união miotendinosa, contrações excêntricas concêntricas e vibração.

As fáscias

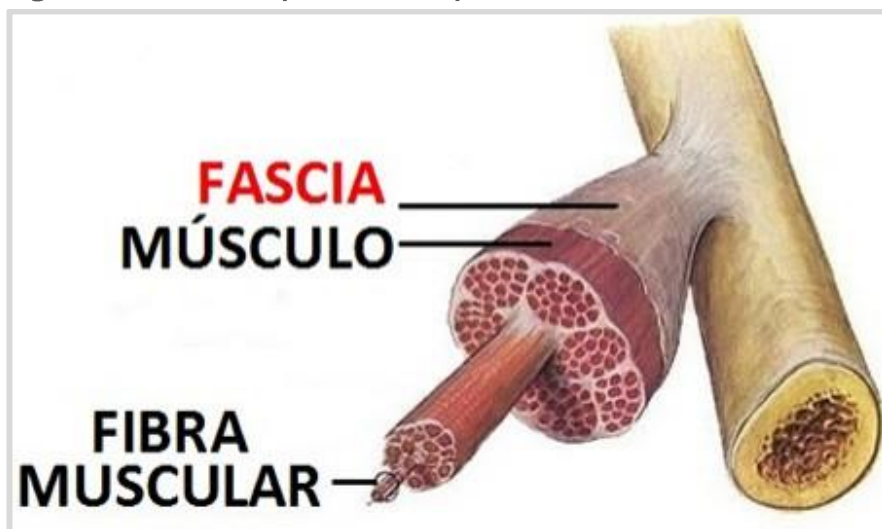
As **fáscias** são muito mais do que simples bainhas musculares. Elas constituem uma **rede proprioceptiva** de alto valor para o controle motor e para a promoção de respostas reflexivas necessárias para a qualidade da função muscular.

A fáscia representa o denso tecido conjuntivo (regular e irregular) que forma, de diferentes maneiras (fáscia, tendões, ligamentos, cápsulas articulares, revestimento neuronal, etc.), uma rede contínua de conexões

entre os elementos do sistema locomotor, assim como do tecido conjuntivo frouxo.

Ela preenche interstícios do corpo e, assim, cria ligações entre todos os seus componentes anatômicos (vasculares, nervosos e viscerais). Essas ligações funcionam não apenas como meios de união anatômica, como também realizam tarefas funcionais.

Figura 9: Fáscias e arquitetura complexa



Fonte: salud y pilates. Sem data. Acessado em 7/20/16 em <http://goo.gl/rWC3JA>

Ela desempenha um importante papel na manutenção da postura corporal, no controle do movimento e na integração. A fáscia não apenas circunda a fibra muscular (epimísio), mas também infiltra o músculo e o tecido adiposo, e isso faz dela muito específica para cada pessoa.

Ela forma uma rede de interconexões tridimensional entre o corpo estrutural macro e micro, que penetra nos espaços mais profundos de sua construção. Essas conexões podem alcançar níveis celulares e intercelulares. A conectividade epimuscular não é apenas mecânica, mas neuro-proprioceptiva. Isto é central na transmissão de força e na amplitude do movimento.

O **refinamento proprioceptivo das fáscias** foi proposto por Schleip (2013), que formulou princípios para o treinamento das mesmas. Resumidamente, ele sugere a manutenção regular na condição das fáscias como uma estratégia possível para um melhor controle motor. Este é um dos pilares mais importantes do fitness. Ele sugere:

- Alongamento estático lento e dinâmico.
- Micro-alongamentos e pandiculações.
- Tensão regular.
- Rolamento e drenagens linfáticas.

Essas são fibras altamente mielinizadas, que começam nas fáscias. Lembre-se de que os Receptores III são receptores de distorções mecânicas (ergorreceptores), alguns dos Receptores IV são nociceptores e outros metaborreceptores. Os Receptores III iniciam e mantêm as respostas de reflexo ventilatório do exercício. Eles são ativados quando o consumo de oxigênio e o fluxo sanguíneo aumentam, e enquanto a contração intermitente mantida os estimula.

Nos últimos anos tem havido muita pesquisa sobre o papel das fáscias como órgãos proprioceptores. Entretanto, há muitas dúvidas sobre o papel das fáscias.

- Como se distribuem os proprioceptores nas fáscias? Esta distribuição depende da arquitetura das fáscias? Como elas contribuem para o controle motor? O que acontece quando elas são lesionadas?

Receptores capsulares e ligamentosos

Eles respondem primariamente a forças compressivas e de torção.

Os receptores de Ruffini nas cápsulas, de Golgi nos ligamentos, e de Vatter Paccini na inserção do ligamento na cápsula fornecem informações cruciais sobre a regulação da atividade muscular, das quais depende a estabilidade das articulações. De fato, um ligamento "liga", porque ele informa.

Para concluir:

- Os proprioceptores trabalham em conjunto.
- Sua dissociação para treinamento é virtualmente impossível.
- Não podemos treinar um tipo de proprioceptores sem os outros.
- A proposta de avaliação e treinamento envolve uma abordagem integrada e compreensiva.
- Tato e propriocepção também não se dissociam facilmente, o que nos permite abordar outro tipo de sensibilidade: a háptica.
- Apenas o sentido vestibular pode ser abordado com certa independência, mas não muita.

1.2.2 Táteis e hápticas

O **sentido tátil** é chave para o controle motor na maior parte dos movimentos humanos, mas no esporte seu papel é fundamental. Especialmente em esportes de combate com componentes de pegada, os dados táteis são muito importantes para a regulação refinada e final.

Nos idosos, a provisão de informações pelos receptores do tato é muito importante para a maioria dos comportamentos adaptativos. O mesmo se aplica a todas as atividades nas quais a manipulação de elementos é um fator característico.

A falta de atenção em relação a este sistema sensorial na literatura da maioria das metodologias de treino nunca para de nos surpreender. Contudo, sua contribuição é igualmente, ou mais importante, do que outros analisadores sensoriais, e pode ser treinada como qualquer outro. Ela é de vital importância quando o acesso ao analisador visual é impossível. Não encontramos propostas metodológicas específicas para treiná-la, daí a necessidade de propor algumas coordenadas elementares. Usualmente, eles trabalham em sinergia com os analisadores proprioceptivos que permitem processamentos diferenciais, muito importantes para o comportamento motor: sensibilidade háptica.

Nós empregamos a sensibilidade háptica em todas as atividades diárias. Quando levantamos pesos, na detecção do peso de um objeto, e até de nosso próprio corpo. Não podemos separar a informação fornecida pelos receptores táteis e proprioceptivos, ou seja, quando amarramos os cadarços, quando abotoamos roupas, quando cozinhamos, etc.

Tanto a sensibilidade tátil e a proprioceptiva, quanto a sensibilidade háptica operam na maior parte das ações humanas sincréticamente. Sem dúvida elas podem ser treinadas separadamente, embora operem de maneira integrada e compreensiva no controle motor.

1.2.3 Visão

A visão é, talvez, o sistema sensorial mais influente na resolução de ações motoras em esportes de equipe e muitos outros. A velocidade de processamento e construção de imagens é fundamental para as funções motoras envolvidas na sobrevivência.

- O processo da visão consiste aproximadamente nas etapas a seguir:
 1. A luz do sol ou de outras fontes alcança os objetos e é refletida por eles.
 2. A luz visível entra no olho, penetrando vários corpos transparentes e sendo refratada. Então, uma imagem invertida do objeto é formada na superfície da retina.

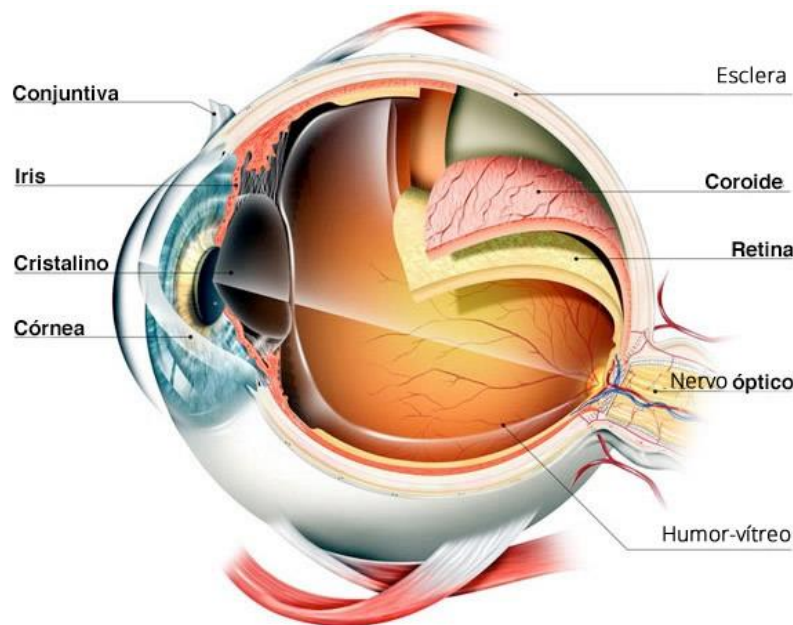
3. A retina converte os sinais (potenciais de ação gerados em diferentes frequências), que se deslocam rumo aos centros integrativos do SNC via nervo óptico.
4. A informação da retina é processada em grupos neuronais complexos, localizados principalmente no tálamo, no bulbo e no córtex. O sentido e a percepção da visão resultam da integração de tal informação.
5. Como passo final, há um ajustamento motor do olho como instrumento para coleta de informações externas.

Lembre-se de que o olho humano captura ondas entre **400 e 700 nanômetros**; abaixo disso estão os raios infra-vermelhos, e acima os ultravioleta. A extensão visual capaz de ser alcançada pelo olho humano encontra-se dentro destes 300 nanômetros. O olho humano ou globo ocular é o órgão cujo trabalho é a recepção de impressões visuais formadas por túnicas concêntricas envolvendo o meio transparente, os músculos que o movimentam e os pararreceptores que o projetam.

As túnicas concêntricas são organizadas na porção externa (esclera e córnea), medial (vascular ou coróides) e interna (ou retina neural). A função destas estruturas é cercar e conter o chamado meio transparente (a córnea desempenha o papel dual de envolver a túnica e o meio transparente). As câmaras transparentes são formadas por uma câmara anterior (humor aquoso) e uma câmara posterior (humor vítreo).

Uma das estruturas mais importantes no processamento visual é a **retina**. Ela é a camada onde ocorre a transformação de energia luminosa e potenciais de ação. Isto pode ser transmitido pelas vias neuronais para centros de relé e para o córtex primário no lobo occipital. Ela aumenta a partir da abertura no nervo óptico até a superfície posterior da íris, e é composta de duas partes: anterior e posterior. A última parte retém propriedades sensoriais, visto que é modelada para o humor vítreo e é ligada a ele. Em suma, ela é tracionada por ele, e contém dois setores muito importantes: a papila ou disco óptico e a mácula lútea.

Figura 10: Anatomia do olho humano



Fonte: <https://goo.gl/yRqWLP>

Camadas da retina

A retina contém **dez camadas paralelas**. Partindo da superfície para a parte mais interna, elas são:

1. Epitélio pigmentado: a camada mais externa da retina. Ela consiste em células cúbicas que não são neurônios, e possuem grânulos de melanina, que a dão uma pigmentação característica.
2. Camada de células sensoriais: é formada pelos segmentos mais externos dos cones e bastonetes.
3. Camada externa limitadora: não é uma membrana, e sim uma junção intercelular do tipo aderente (ou desmossomos) entre as células fotorreceptoras e as células de Müller.
4. Camada nuclear externa ou de células ganglionares: consiste dos núcleos das células fotorreceptoras.
5. Camada plexiforme externa: a região das conexões sinápticas entre células fotorreceptoras e células bipolares.
6. Camada nuclear ou granular interna: consiste nos núcleos celulares de células bipolares, horizontais e amácrinas.
7. Camada plexiforme interna: a região de conexão sináptica entre células bipolares, amácrinas e ganglionares.
8. Camada ganglionar: consiste nos núcleos de células ganglionares.
9. Camada de fibras nervosas: é formada pelos axônios de células ganglionares, formando o nervo óptico.

10. Camada limitante interna: separa a retina do humor vítreo.

Seis tipos de processos neuronais processam a informação visual:

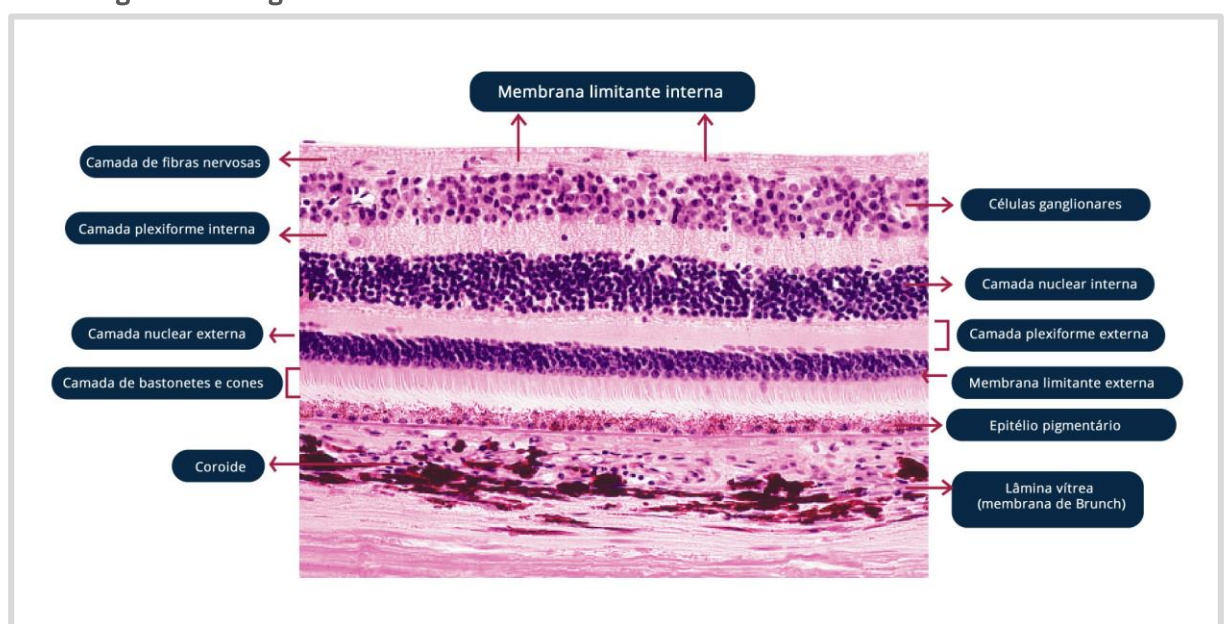
- Fotorreceptores.
- Células bipolares.
- Células ganglionares.
- Células horizontais.
- Células amácrinas.
- Células interplexiformes.

O espectro de visão útil do olho humano varia entre 1 minuto e 10 segundos, ou seja, em torno de 11 unidades de registro aproximadamente (o dobro das 5 unidades de registro da maioria dos receptores sensoriais). A razão para este espectro dobrado de sensibilidade é a presença de dois sistemas receptores na retina:

- Receptores para visão noturna, chamados de bastonetes.
- Receptores para visão diurna, chamados cones.

As visões diferem em duas qualidades essenciais da percepção visual: a) detecção de **luminosidade** e b) percepção de **cor**. Sob a luz da lua, os objetos não possuem cor, mas variam em luminosidade. Na luz do dia, os objetos diferem em luminosidade e cor. A retina, superfície sensorial do olho, origina-se do diencéfalo e é, por isto, parte do SNC. Conforme mencionado anteriormente, ela possui várias camadas.

Figura 11: Imagem das camadas da retina



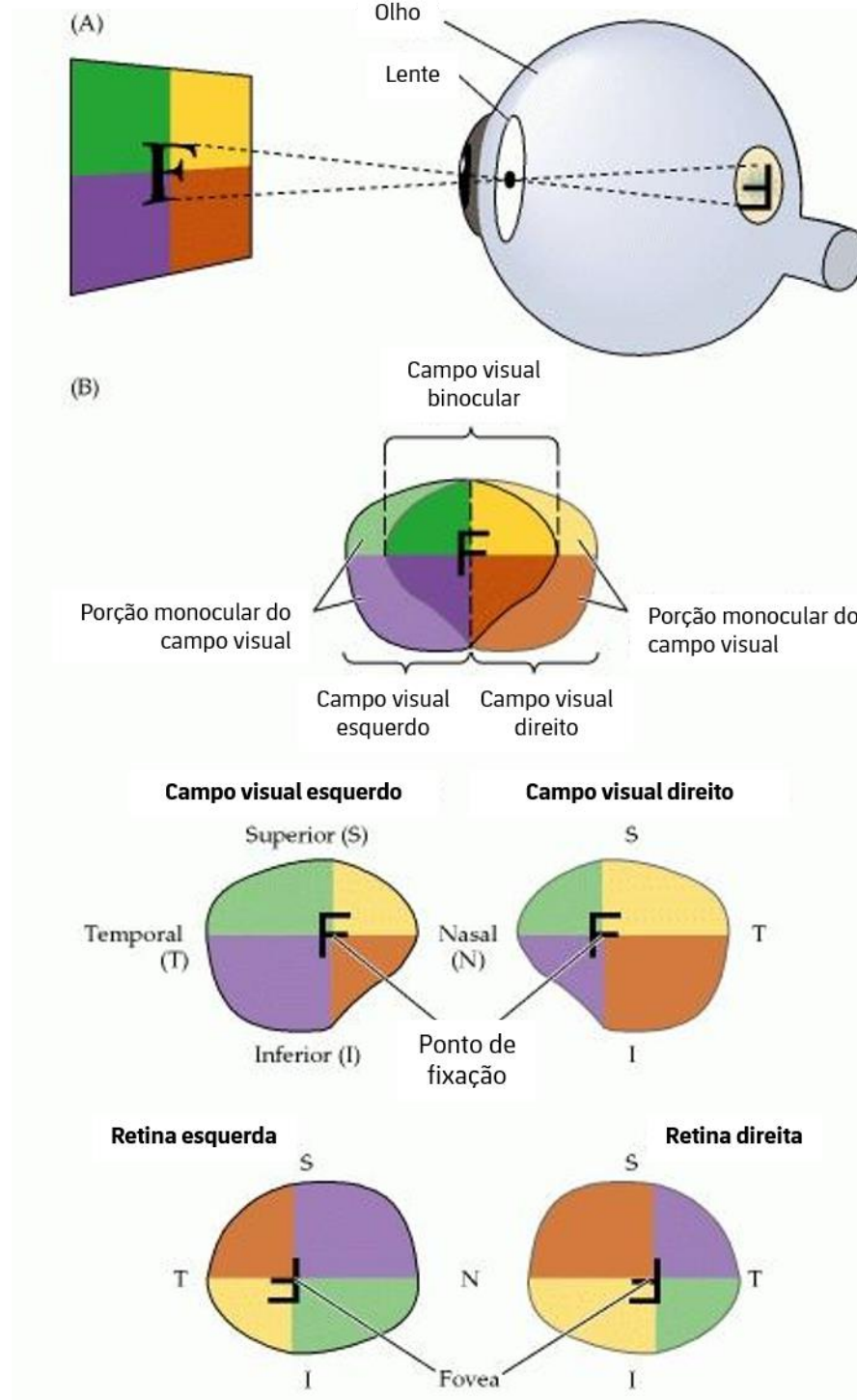
Fonte: Adaptado de "El globo ocular desglosado". Sem data. Acessado em 7/20/2016 em <http://goo.gl/eulNQ0>

Algumas características:

- Vemos que as diferentes camadas são separadas por membranas.
- Também há membranas retinianas ("fáscias").
- Também há conectividades intra-retinianas.
- A retina é um centro de processamento de informação visual e não apenas de recepção de estímulos.
- A luz passa por várias camadas na retina, antes de modificar a rodopsina (proteína transmembranar encontrada nos discos dos bastonetes).

A relações espaciais entre as células ganglionares da retina são mantidas como representações organizadas ou mapas viso-espaciais. Além disso, a maioria destas estruturas recebe informações dos dois olhos, o que necessita que esses aferentes sejam integrados para formar um mapa coerente de pontos individuais no espaço. Como regra geral, a informação da metade esquerda do mundo visual é representada na porção direita do cérebro, e vice-versa.

Figura 12: Entrada de informação no olho



Fonte: Purves, Dale. 2015, p. 288

O conhecimento das bases neuronais para a configuração adequada dos eferentes de ambos os olhos requer que seja considerado como as imagens são projetadas nas duas retinas, e o destino central das células ganglionares localizadas em diferentes partes da retina. Cada olho observa um setor do espaço visual. Para propósitos descritivos, cada

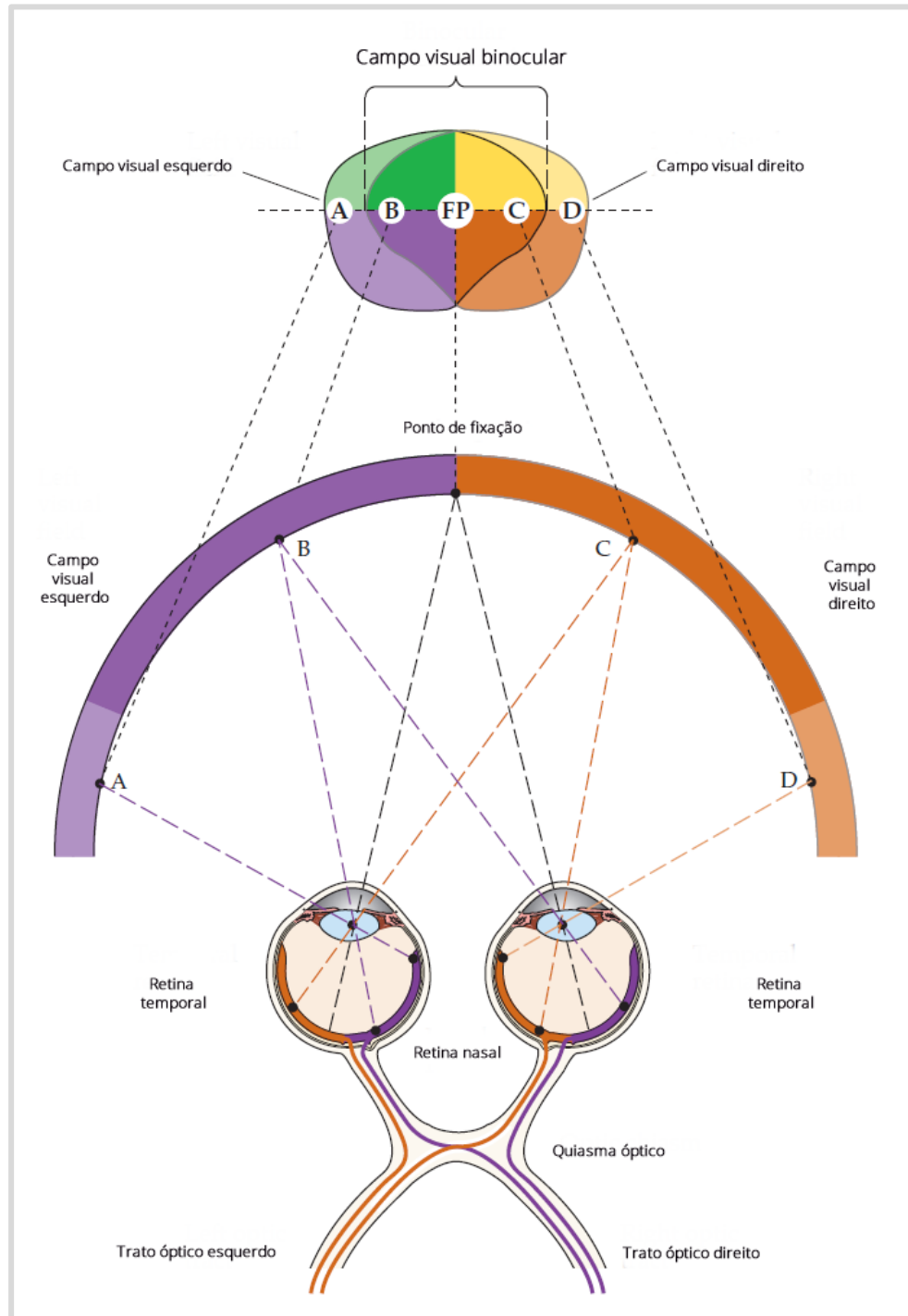
retina e seu espaço visual correspondente são divididos em quadrantes. A superfície da retina é subdividida por linhas verticais e horizontais que se cruzam no centro da fóvea. A linha vertical divide a retina em divisões **nasal e temporal**, enquanto a linha horizontal marca as divisões **superior e inferior**. As linhas vertical e horizontal correspondentes ao espaço visual (também chamadas meridianos) se cruzam em um ponto de ligação (um através do qual o espaço visual chega na fóvea), e definem os quadrantes do espaço visual. O entrelaçamento dos raios luminosos na pupila, divergindo de diferentes pontos num objeto, inverte as imagens dos objetos no campo visual, trocando-os da esquerda para a direita na superfície da retina. Assim, os objetos encontrados na porção temporal do campo visual são observados pela porção nasal da retina, enquanto os objetos na porção superior são observados pela porção inferior da retina.

Com os dois olhos abertos, ambas as fóveas normalmente se alinham a um único ponto fixado no campo visual, fazendo com que os campos visuais de ambos os olhos se sobreponham amplamente. O campo binocular de visão apresenta dois hemis campos visuais simétricos (esquerdo e direito). O hemis campo binocular esquerdo envolve o campo visual nasal direito e o campo visual temporal do olho esquerdo. O hemis campo direito envolve o campo visual temporal do olho direito e o campo visual nasal do olho esquerdo. Os campos visuais temporais são mais extensos do que os nasais, o que reflete em seus tamanhos. Dessa forma, a visão na periferia do campo visual é estritamente monocular, mediado pela porção mais medial da retina. A maior parte do restante do campo visual pode ser observada pelos dois olhos, ou seja, os pontos individuais no espaço, que são localizados entre o campo visual nasal de um olho e o campo visual temporal do outro.

A células ganglionares localizadas na divisão nasal de cada retina originam axônios que se cruzam no quiasma óptico, enquanto aquelas localizadas na retina temporal originam axônios que permanecem no mesmo lado. A linha de limite ou decussação entre as células ganglionares que são projetadas de modo contralateral e ipsilateral é uma linha passando através do centro da fóvea, que define as bordas entre as hemiretinas nasal e temporal. As imagens de objetos no hemis campo nasal esquerdo caem na retina nasal do olho esquerdo e na retina temporal do olho direito, enquanto axônios de células ganglionares (nessas regiões das duas retinas) são projetados através do trato óptico direito. Objetos no hemis campo visual direito chegam à retina nasal do olho direito e na retina temporal do olho esquerdo, enquanto os axônios de células ganglionares (nesta região) são projetados através do trato óptico esquerdo. Conforme já mencionado, os objetos nas porções monoculares dos hemis campos visuais são vistos apenas pela retina extremo-nasal de cada olho: os axônios de células ganglionares nessas regiões (como o restante da retina nasal) estão no trato óptico colateral.

Dessa maneira, diferentemente do nervo óptico, o trato óptico contém os axônios de células ganglionares originadas em ambos os olhos, e representa o campo de visão contralateral. O gráfico a seguir explica esta descrição:

Figura 13: Campos visuais direito e esquerdo



Fonte: Purves, Dale., 2007, p. 288

Áreas cerebrais de projeção visual

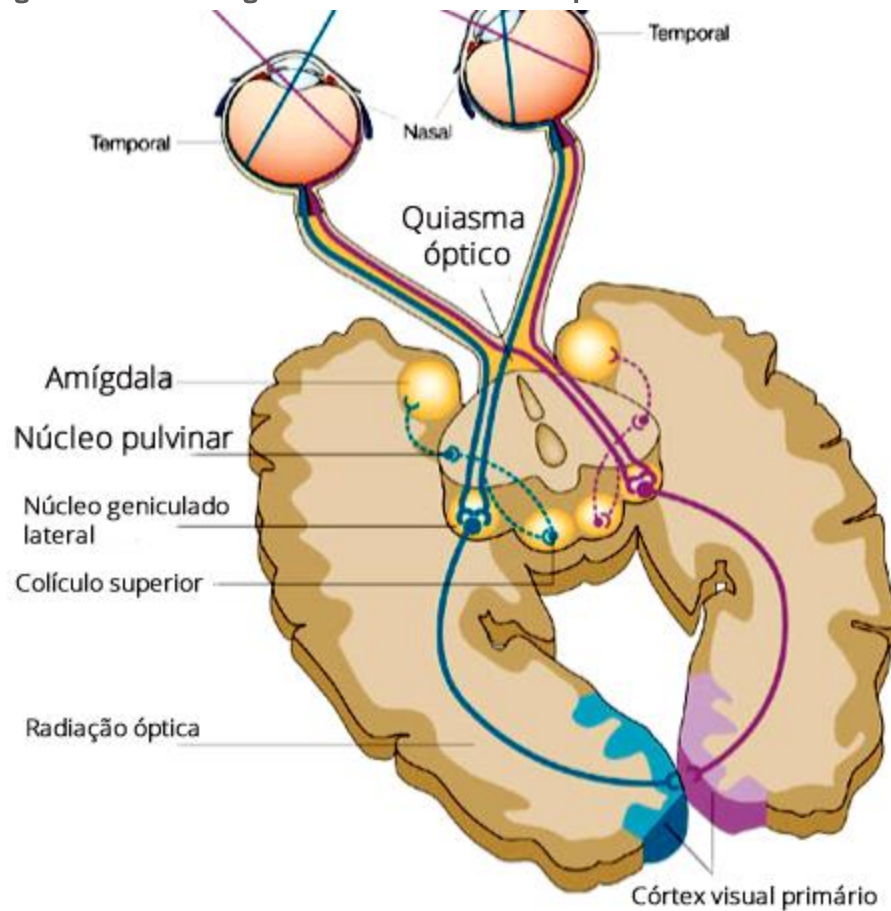
A informação processada pela retina é transmitida ao cérebro pelos axônios ganglionares dos nervos ópticos, um para cada olho, através de duas rotas diferentes. A rota primária através da **via genículo-estriada** e a secundária através do **sistema tectopulvinar**. Estes dois sistemas são duas formações específicas localizadas em posições específicas no cérebro. Os dois nervos ópticos se cruzam no quiasma óptico. Neste cruzamento em forma de X, as fibras do olho esquerdo vão para o hemisfério direito do cérebro, e outras para o esquerdo. De forma similar, as fibras do olho direito vão para o hemisfério esquerdo do cérebro e outras para o direito.

As fibras da retina temporal (o lado mais próximo da orelha) permanecem no mesmo hemisfério, enquanto as fibras da retina nasal (mais próximas do nariz) cruzam em direção ao outro hemisfério.

Detalharemos abaixo as vias primárias e secundárias dos tratos ópticos:

- *Sistema genículo-estriado*: formado por feixes de fibras que deixam o quiasma óptico, não mais chamado de nervo óptico, mas sim de trato óptico. Uma maior parte dessas fibras alcança uma formação cerebral chamada núcleo geniculado lateral (LGN), localizada no tálamo (mesencéfalo), onde elas produzem sinapses com os neurônios correspondentes. As fibras existentes no LGN se abrem em forma de leque, alcançando o lobo occipital (área posterior do cérebro), ou seja, as áreas 17 (córtex estriado ou córtex visual primário), 18 e 19 (córtex extraestriado ou córtex visual secundário). As funções visuais do sistema genículo-estriado se especializam em identificar e reconhecer imagens.
- *Sistema tecto-pulvinar*: a outra parte do trato óptico conduz a uma formação na base do cérebro (mesencéfalo) evolucionariamente muito mais antiga, chamada de tecto. A parte visual do tecto se conecta ao colículo superior, de onde a projeção segue até o tálamo e os núcleos pulvinar e lateral posterior. Finalmente, as fibras são direcionadas às áreas visuais do córtex. As funções visuais do sistema tecto-pulvinar relacionam-se à localização de objetos no espaço.

Figura 14: Sistemas genículo-estriado e tecto-pulvinar

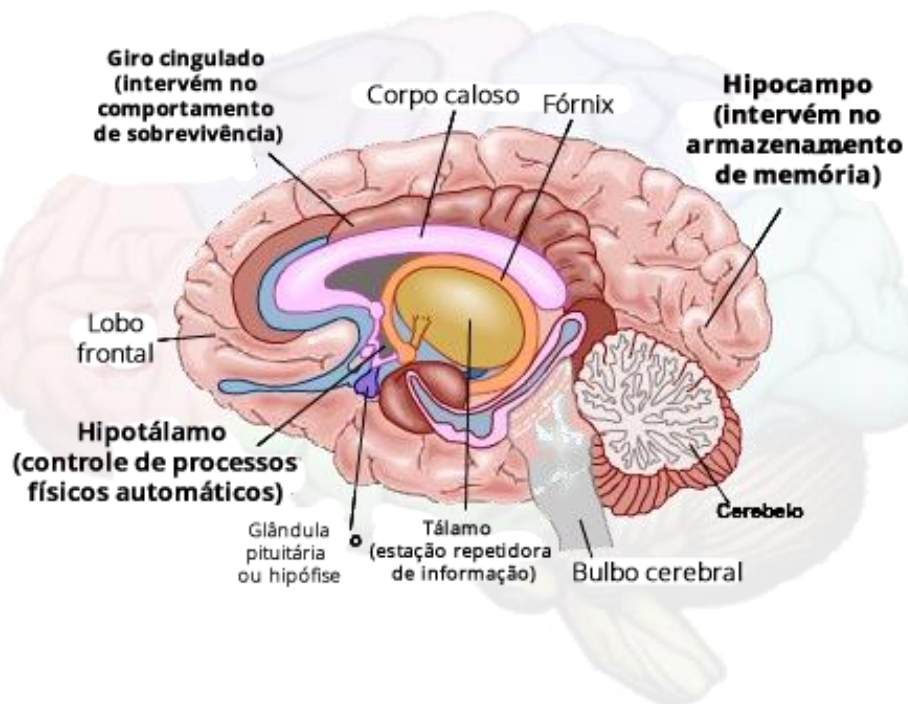


Fonte: <http://goo.gl/o0516A>

Tálamo óptico

É um pequeno cérebro sensorial onde toda a informação aferente, com exceção dos dados olfativos, é processada antes de seguir caminho até o córtex primário. O tálamo também mapeia informações da retina com distribuições espaciais, como se fosse um homúnculo sensorial. A comutação é ordenada. É um complexo ovóide nuclear, grande, localizado na parede do diencéfalo. Em seu exterior há uma camada de fibras mielinizadas, chamadas lâminas medulares, que separam o órgão principal dos núcleos reticulados. A massa maior se chama tálamo posterior. O tálamo anterior é o núcleo reticular e estruturas adjacentes.

Figura 15: Tálamo



Fonte: <http://goo.gl/bjT5sz>

Em resumo

Podemos comparar a fisiologia do olho com uma câmera: as imagens que são registradas no filme são processadas no cérebro. Isto permite que tais imagens sejam integradas ao resto dos sentidos.

Como vimos antes, fenômenos altamente complexos do sistema visual ocorrem na retina. A luz deve passar através das camadas do olho para o cérebro.

A primeira camada transparente é a córnea, que encerra a camada anterior. A íris funciona como o diafragma de uma câmera, e regula a quantidade de luz que atravessa a pupila. A íris possui cores diferentes.

A lente é uma lente convergente constituída por lâminas acrescidas de ligamentos na segunda camada do olho, ou coróide. Por ação dos músculos, a lente acomoda seu formato para permitir a projeção de uma imagem invertida na retina. Variações no tamanho da lente e no diâmetro da pupila são o que nos permite focalizar em objetos a diferentes distâncias do campo visual.

Conforme mencionado acima, na retina e em suas camadas, coexistem células chamadas cones, que são preferencialmente estimuladas durante o dia, e isso permite que elas percebam imagens coloridas. À

noite, os bastonetes são estimulados e, desta forma, vemos objetos em preto e branco.

1.2.4 Audição vestibular

O sistema auditivo

O sistema auditivo é um conjunto de estruturas especializadas em recrutar, receber, analisar e codificar o som do ambiente que chega até nós. Ele envia informações para o cérebro, em forma de impulsos nervosos, para que as mesmas sejam percebidas e interpretadas, e funciona em sinergia com outros sistemas sensoriais, especialmente o visual.

Anatomicamente, ele compreende:

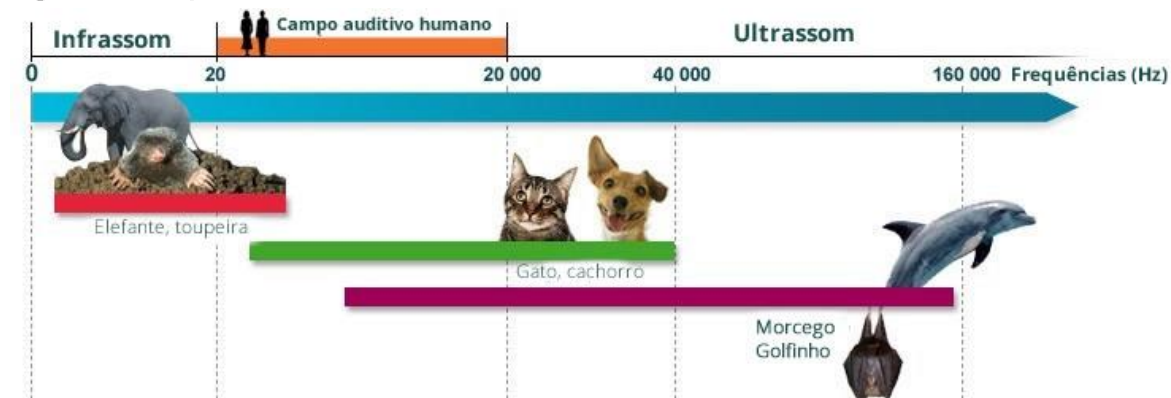
1. *Ouvido externo*: ouvido e canal auditivo.
2. *Ouvido médio*: tímpano, ossículos, cavidades timpânica e mastóide, músculos martelo e estribo, e tuba de Eustáquio.
3. *Ouvido interno*: porção coclear, vias nervosas, núcleos e centros nervosos do estribo, tálamo e córtex.

O sistema auditivo é vital nas atividades físicas assim como no controle motor. Isto influencia especialmente nos esportes com dribles ou passes com dribles, e na maior parte dos esportes nos quais encontramos perturbações auditivas. Como introdução, iniciaremos por definir o conceito de som.

O som é a estimulação adequada do receptor auditivo; é um tipo de energia mecânica que consiste em variações de pressão muito pequenas do ambiente, que se propagam em alta velocidade (340 m/s) de sua fonte em todas as direções. Tal fonte é quase sempre um objeto vibrando, como nossas cordas vocais. Essas variações de pressão são repetidas muitas vezes por segundo. O número de variações por segundo chama-se **frequência**, e é expresso em Hertz (Hz). Os humanos conseguem captar frequências entre **20 e 20.000 Hz**. Abaixo destes valores falamos em infrassom, e acima, ultrassom. Nenhum dos dois é percebido pelo ouvido humano.

Os sons são puros quando eles se constituem de uma única frequência, ou complexos quando compostos por várias (que são os que escutamos diariamente). Uma frequência de poucos Hz é de graves e uma de muitos Hz é de agudos. **Amplitude** é a dimensão física do som que se refere a grandes ou pequenas variações de pressão e é medida em decibéis (dB). Frequência é uma dimensão física do som que causa sensações auditivas definidas como tom.

Figura 16: Frequências sonoras



Fonte: <http://goo.gl/ZZC19Z>

Funções do ouvido externo

Composto pelo ouvido e canal auditivo, ele permite que o som acesse as estruturas mais profundas do ouvido interno, protegendo-o de danos do mundo externo, e ajudando a localizar a fonte do som, o que é central para a identificação de potenciais fontes de perigo ou comida. Por fim, outra característica do ouvido externo é que o mesmo possui **ressonância**. Ao chegar ao canal auditivo, o som passa por uma mudança na composição de frequências, resultando em intensidade aumentada.

Funções do ouvido médio

Ele compreende a membrana timpânica, os ossículos, os músculos martelo e estribo, a tuba de Eustáquio, as cavidades mastóides e membranas. A função mais importante é operar como um transformador acústico, ou seja, fazer a passagem da energia acústica do meio aéreo externo para o eficiente meio líquido. Sem o ouvido médio, o som não entraria no fluido do ouvido interno, sendo refletido para o ambiente externo, sem estimulação das células receptoras. O ouvido médio produz um aumento na pressão sonora que alcança a janela oval por meio de diferenças nas áreas entre o tímpano, o martelo, a bigorna e o estribo. Devido às diferenças de superfície e impulso, ele amplifica 22 vezes o som que a janela oval recebe finalmente.

O martelo transmite as vibrações da membrana timpânica para a bigorna, o estribo, e finalmente, deste último para a janela oval. As diferenças de superfícies respondem pela amplificação.

O ouvido médio e outras considerações

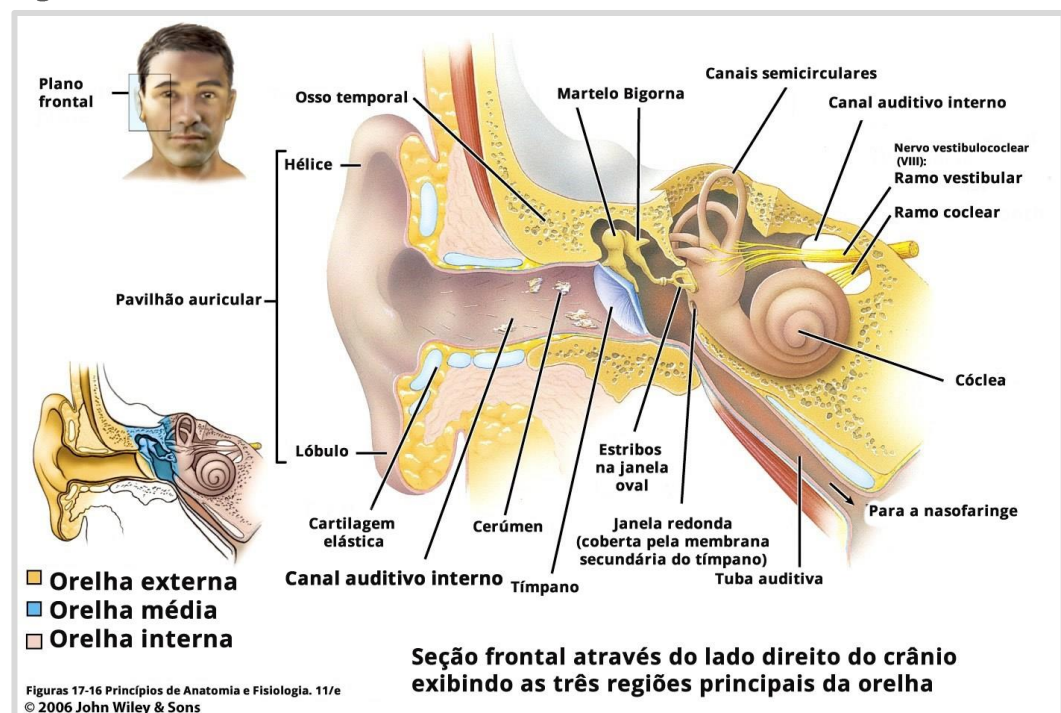
O ouvido médio protege a janela coclear e canaliza a energia sonora de modo que ela alcance apenas a janela oval, prevenindo-a de chegar à primeira. Se o som alcançasse as duas janelas simultaneamente, ele

cancelaria a si próprio por agir em ambos os lados da membrana coclear basilar (duas ondas na direção oposta). Ele também comunica cavidades aéreas do ouvido médio com a nasofaringe: reabastecendo e mantendo o equilíbrio da pressão do ar. Ele regula a energia e reduz a mobilidade dos ossículos para amplificar o som na medida correta. Dessa forma, ele torna viável a transmissão para o ouvido interno e ao mesmo tempo o protege.

O ouvido interno

O ouvido interno consiste em duas partes: de um lado, o **labirinto anterior ou cóclea** (porção auditiva), e do outro o **labirinto posterior ou vestibular** (porção perceptiva para acelerações e rotações). A cóclea tem forma tubular, encurvada dentro de si, fazendo mais de duas voltas em seu eixo central, com paredes compostas de ossos sólidos. Esta estrutura contém líquidos: dentro dela há dois líquidos diferentes separados por membranas chamadas **perilinf**a e **endolinf**a. Por fim, ela contém ductos e membranas: as membranas **basilar e de Reissner**, e os **ductos timpânico, médio e vestibular** (no meio, acima da basilar, está o órgão de Corti).

Figura 17: Estruturas do ouvido



Fonte: Universidad de Cantabria, sem data <http://goo.gl/Q22o4I>

Mecânica coclear

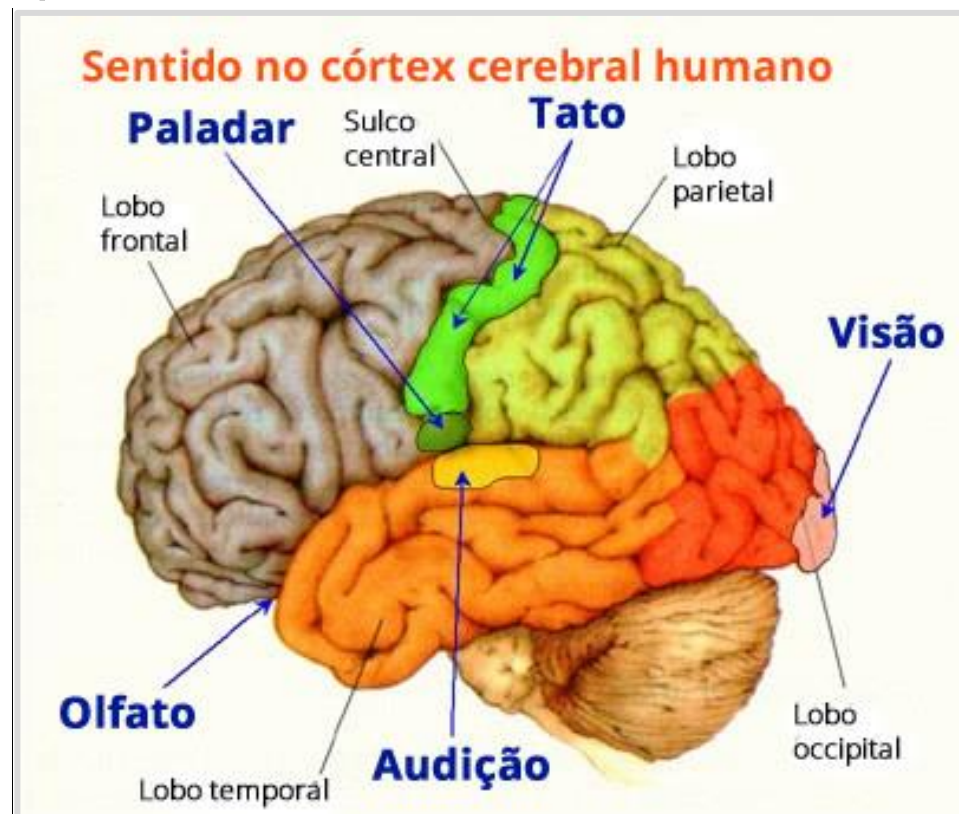
Quando o som atinge a janelinha oval graças às vibrações do estribo, ele é transmitido através da perilinf do ducto vestibular, fazendo com que a membrana de Reissner vibre. Através dela, ele também faz com que

vibrem a endolinfa e as membranas basilares, sobre as quais repousa o órgão de Corti. As vibrações chegam à perilinfa do ducto timpânico e, finalmente, à janela coclear. O fechamento da janela coclear permite a transmissão das vibrações pela cóclea. Ao mover a membrana basilar, são formadas "ondas de propagação" que são aplicadas ao ápice. A deformação da membrana basilar pelas ondas de propagação produz mudanças no órgão de Corti. Esta deformação ciliar no órgão de Corti é o último evento mecânico na audição.

Processamento auditivo não-mecânico

- *Órgão de Corti*: suas células constituem o 8º nervo craniano, que parte do ouvido.
- *Tálamo*: ele inclui os núcleos laterais geniculados, conforme os tons.
- *Córtex*: o sentido da audição é centrado nas áreas 41 e 42, no lobo temporal.

Figura 18: Áreas cerebrais e os sentidos



Fonte: Perceptnet. 9/20/07. Acessado em 7/20/2016 em <http://goo.gl/iSdGBb>

Sistema vestibular

O sistema de equilíbrio é mais complexo que o sistema auditivo, principalmente devido ao componente motor. Não há qualquer estrutura

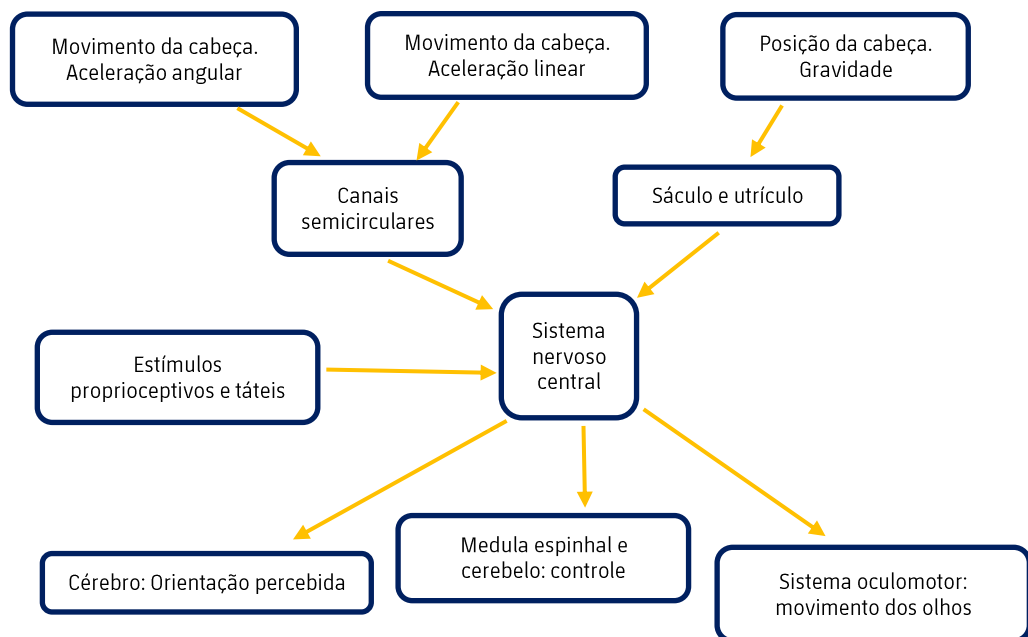
que realize esta operação sozinha. O sistema consiste em múltiplos sistemas sensoriais dos terminais vestibulares, órgãos sensoriais, sistema visual, e sistemas somatossensorial e proprioceptivo. Então, a informação é integrada no nível do tronco encefálico e cerebelo, com influência significativa do córtex cerebral (como os lobos frontal, parietal e occipital). A informação integrada causa várias reações motoras estereotípicas, movimento ocular, controle postural e a produção de pulsos perceptuais.

As funções do sistema vestibular são:

1. Informar o sistema nervoso central sobre qualquer aceleração ou desaceleração, angular ou linear;
2. auxiliar na orientação visual, controlando os músculos oculares;
3. controlar o tônus dos músculos esqueléticos na manutenção da postura.

Abaixo há um diagrama ilustrando o papel do sistema vestibular no controle da postura, movimentos oculares e percepção de orientação.

Figura 19: Tabela do sistema auditivo



Fonte: elaborado pelo autor.

Informação fornecida pelo labirinto:

- Informação da posição da cabeça no espaço. (Função estática: receptores maculares)

- Informação de movimentos da cabeça.
(Função cinética: receptores ampulares)

Os estágios da transformação da estimulação vestibular em uma mensagem sensorial codificada no nível do nervo vestibular são:

1. Modificação do estímulo pelas estruturas labirínticas, dependendo das características mecânicas e hidrodinâmicas.
2. Transdução mecanossensorial e aparecimento de um potencial de recepção.
3. Formação de um potencial de geração pós-sináptico e um potencial de ação.

Os canais semi-circulares são organizados em pares.

1. Os dois canais horizontais.
2. O canal superior e colateral posterior.
3. O canal posterior e colateral superior.

Os **órgãos otolíticos** também funcionam em pares, onde as duas máculas utriculares são localizadas aproximadamente no plano horizontal e as duas máculas saculares no plano vertical, com uma angulação de aproximadamente 30° para dentro em relação ao plano sagital.

Operação dos canais semicirculares

Quando há uma rotação de cabeça, a endolinfa se mantém parada pela inércia, empurrando a gelatina da ampola e inclinando aos estereocílios para um lado. Já que os canais semicirculares de um lado são simetricamente organizados em relação ao lado oposto, em um lado, os estereocílios se inclinam em direção aos quinocílios, e a descarga do nervo vestibular aumenta neste lado. Enquanto isto, no outro lado, elas são inclinadas na direção oposta dos quinocílios e a descarga do nervo vestibular diminui.

Em repouso, o nervo vestibular possui uma atividade de aproximadamente 50 potenciais de ação por segundo, e isto é o mesmo em ambos os lados. Uma vez que os núcleos vestibulares possuem conexões inibitórias com os núcleos contralaterais, quando a atividade é a mesma nos dois lados, esta atividade se cancela.

Quando a cabeça gira, a atividade aumenta em um lado e diminui no outro. Este desequilíbrio é percebido subjetivamente como a rotação da cabeça e produz movimentos compensatórios.

Os canais semicirculares são envolvidos no reflexo vestibulo-ocular. Este reflexo serve para manter um olhar estável no mesmo ponto. Quando os

canais semicirculares detectam uma rotação da cabeça, os núcleos vestibulares enviam sinais para os núcleos que controlam o movimento ocular, de modo que os olhos rodam na direção oposta à da cabeça para compensar o movimento e manter o olhar no mesmo ponto.

Operação do utrículo e do sáculo

As estruturas do aparelho vestibular envolvidas em reflexos tônicos são o **utrículo** e o **sáculo**. Estas são as estruturas que detectam posições estáticas da cabeça em relação à vertical (os canais semicirculares detectam apenas movimentos rotativos, e não a posição estática).

O utrículo e o sáculo são bolsas de membranas cheias de endolinfa, com uma área de parede coberta por um epitélio de células ciliadas. Estes cílios são cobertos com um gel no qual são depositados cristais de carbonato de cálcio. Quando a cabeça flexiona em relação à vertical, os cristais de carbonato de cálcio tendem a escorregar para os lados pelo peso, e assim, inclinam os estereocílios para um lado.

Quando os estereocílios são inclinados na direção dos quinocílios, as células ciliadas se despolarizam. Isto se dá porque os estereocílios são conectados a filamentos de estereocílios vizinhos, e tais filamentos são vinculados a canais de potássio na membrana. Quando os estereocílios se curvam na direção dos quinocílios, os filamentos são colocados sob tensão e esta tensão abre canais de potássio. Como a concentração de potássio na endolinfa é muito alta, o potássio entra na célula despolarizando-a. Se os estereocílios se curvarem na direção oposta, a célula é hiperpolarizada. Assim, o utrículo e o sáculo detectam se a cabeça está inclinada.

Reflexos tônico-posturais

Os **reflexos tônico-posturais** são um conjunto de reflexos cuja função é manter a posição ereta da cabeça e do corpo em relação à vertical. Eles são controlados pelos núcleos do tronco encefálico, fazendo com que sejam mais fáceis de ser estudados num preparo sem cérebro onde o tronco encefálico é desconectado dos níveis superiores. De um lado, os reflexos tônico-posturais utilizam informação do aparelho vestibular, que indica a posição da cabeça no espaço (reflexos vestibulares) e, do outro, informações dos receptores nos músculos do pescoço, que indicam se o pescoço está curvado ou rotacionado (reflexos cervicais). Os reflexos tônicos agem na posição do pescoço (**reflexo vestibulo-cólico e cérvico-cólico**) e extremidades (**reflexo vestibulo-espinhal e cérvico-espinhal**).

A função fisiológica dos reflexos cérvico-cólico e vestibulo-cólico é manter a posição da cabeça.

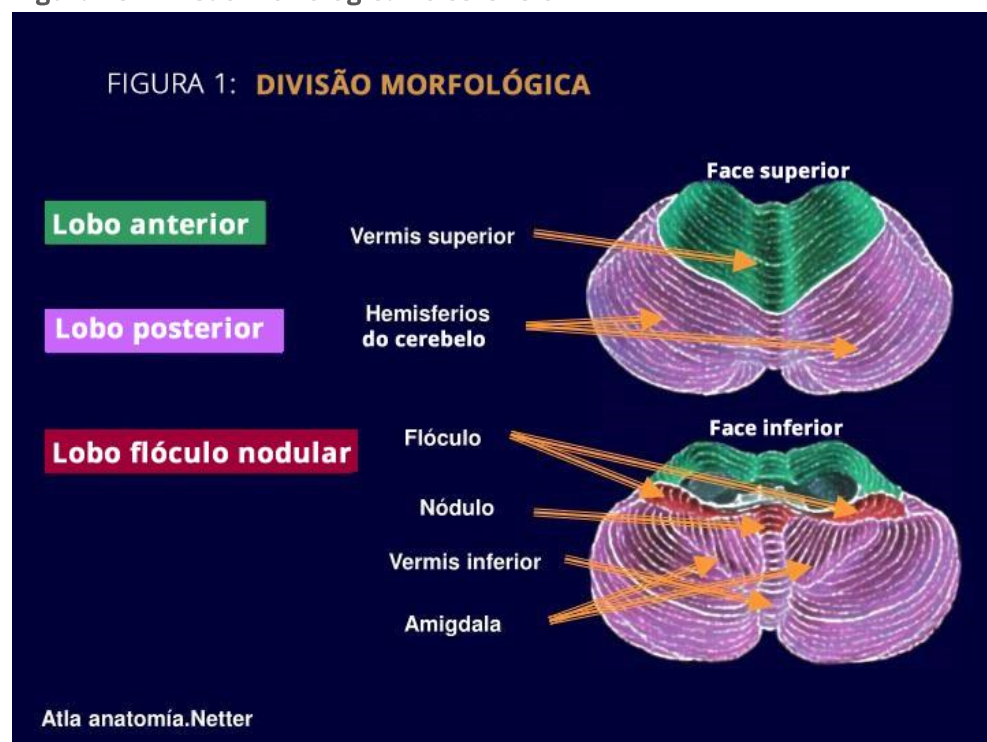
O reflexo vestibulo-espinhal tende a prevenir a queda quando o sujeito está em uma inclinação e o reflexo cérvico-espinhal cancela o vestibulo-espinhal quando a posição da cabeça muda com a curvatura do pescoço.

Cerebelo vestibular

O cerebelo vestibular corresponde anatomicamente ao **flóculo**. Ele colabora com os núcleos vestibulares nas funções de manutenção do equilíbrio e ajuste do reflexo vestibulo-ocular.

A lesões vestibulo-cerebelares, produzem sintomas similares a lesões nos núcleos vestibulares no lado contralateral. O motivo para isto é que, enquanto o córtex do vestibulo-cerebelo inibe núcleos vestibulares ipsilaterais, a lesão do vestibulo-cerebelo produz hiperatividade vestibular ipsilateral, que é equivalente a uma lesão nos núcleos vestibulares contralaterais.

Figura 20: Divisão morfológica do cerebelo



Fonte: <http://goo.gl/odAtnz>

Referências

Asociación Educar (Education Association) (2015).
<http://www.asociacioneducar.com/>.

Baddeley, A. (1983). *Working Memory*. Oxford.

Bañuelo, F. S. (1990). *Didáctica de la Educación Física y el Deporte*. Madrid: Gymnos.

Bermeosolo, J. (2012). *Working Memory and Procedural Memory in Specific Learning Difficulties and Language: Some Findings*. Revista Chilena de Fonoudiología, 18.

Boulch, J. L. (1989). *El deporte educativo; psicokinética y aprendizaje motor*. Buenos Aires: Paidós.

Boulche, J. L. (2002). *Hacia una ciencia del movimiento humano*. Barcelona: Paidotribo.

Corraze, J. (1988). *Las bases neuro-psicologicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.

Corraze, J. (1988). *Las bases neuropsicológicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.

Cratty, B. (1974). *Motricidad y psiquismo*. Madrid: Miñón.

Damasio, A. (2006). *El error de Descartes*. Buenos Aires: Critica.

Damasio, A. (2007). *En busca de Spinoza*. Barcelona: Critica.

Dauids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). *Dynamics of Skill Acquisition*. Canada: Human Kinetics.

Desarrollo y aprendizaje motor. (2009). Cordoba, Argentina: IPEF.

Di Santo, A. (2016). *Sistema Sensorial* [Gravado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). *Influencia de Antonio Damasio* [Gravado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). *Eferencia central* [Gravado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). *Imagen del movimiento* [Gravado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). *Pensando en movimiento* [Gravado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). *Programación neuromotora* [Gravado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). *Programación neuromotora* [Gravado por N. Acosta]. Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). *Toma de decisión y lógica motriz*. Cordoba, Argentina.

Digby, E., & Khan, M. (2010). *Vision and Goal-Directed Movement*. Canada: Human Kinetics.

Domjan, M. (2009). *Principios de aprendizaje y conducta*. Madrid: Rogar.

Ernst, M. (2002). Neural Systems and Cue-Induced Cocaine Craving. <http://www.nature.com/npp/journal/v26/n3/full/1395814a.html>, 7

Etchepareboda, M., & Abad-Mas, L. (2010). <http://www.lafun.com.ar/>.

Fairbrother, J. (2010). *Fundamentals of Motor Behavior*. Canada: Human Kinetics.

Gardiner, P. (2011). *Advanced Neuromuscular Exercise Physiology*. Canada: Human Kinetics.

Grosser, M. (1988). *Principios del entrenamiento deportivo*. Spain: Martinez Roca.

Guyton, C., & Hall, J. (2006). *Textbook of Medical Physiology*. Barcelona: Elsevier.

Jacques, C. (1987). *Las bases neuropsicológicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.

Jeanne, L., & Seidler, R. (2011). Age differences in callosal contributions to cognitive processes
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3137668/>

Kandel, E. (1997). *Neurociencia y Conducta*. Madrid: Prentice Hall

Kurt, M., & Günter, S. (1987). *Teoría del movimiento; motricidad deportiva*. Buenos Aires: 1987.

Lacey, S., & Lawson, R. (2013). *Multisensory Imagery*. New York: Springer.

Latash, M. (2008). *Neurophysiological Basis of Movement* (2nd ed.). Estados Unidos: Human Kinetics.

Latash, M. (2012). *Fundamentals of Motor Control*. Estados Unidos: AP.

Loyber, I. (1988). *Funciones motoras del sistema nervioso*. Cordoba: El galeno.

Loyber, I. (2012). *Funciones motoras del sistema nervioso*. Cordoba: El Galeno.

Loyber, I. (2012). *Introducción a la fisiología del sistema nervioso*. Cordoba: El Ganelo.

Mark, L. (2008). *Synergy*. England: Oxford University.

Neumaier, A. (2002). *Entrenamiento de la técnica*. Barcelona: Paidotribo.

Cardinali, D. (2007). *Neurociencia aplicada: sus fundamentos*. Buenos Aires: Panamericana.

Purves, D. (2007). *Neurosciences*. Buenos Aires: Panamericana.

Rachel, S., Jin, B., & Anguera, J. (2013). Neurocognitive Contributions to Motor Skill Learning: The Role of Working Memory
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3534841/>.

Richard, S., & Timothy, L. (2014). *Motor Learning and Performance*. Canada: Humanic Kinetics.

Richardson, J. (1996). *Working Memory and Human Cognition*. Oxford. Oxford University.

Rigal, R. (1979). *Motricidad humana*. Madrid: Pila Teleña.

Ripoll, R. D. (2014). *Neurociencia cognitiva*. Madrid: Panamericana.

Roger M, E. (2008). *Neuromechanics of Human Movement*. Canada: Human Kinetics.

Ruiz Perez, L. (1994). *Deporte y aprendizaje*. Visor: Madrid.

Snell, R. (1999). *Neuroanatomy*. Fourth edition. Buenos Aires: Panamericana.

Stefano, T. (2009). *Neurosciences and Sports*. Barcelona: Paidotribo.

Tamorri, S. (2004). *Neuroscience and Sport*. Barcelona: Paidotribo.

Tamorri, S. (2004). *Neuroscience and Sport. Psicología deportiva procesos mentales del atleta*.
Barcelona: Paidotribo.

Universidad de Cantabria, (S.D.), Obtido de http://2.bp.blogspot.com/-EdC6hSDAQWw/VAvxXE0438I/AAAAAAAAABGU/_7rz97u55Z4/s1600/anatomia%2Boido.png

University of Murcia, (S.D.), Obtido de <http://ocw.um.es/gat/contenidos/palopez/contenidos/motoneuronas.jpg>

Universidad de Costa Rica, (S.D.), Obtido de http://163.178.103.176/Fisiologia/neurofisiologia/pract_bas_1/FG13_03a.jpg

Universidade Nacional de Tucumán, (s.d.). Acceso em: http://www.herrera.unt.edu.ar/bioingenieria/temas_inves/sist_nervioso/Image52.gif

Weineck, J. (2006). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.

Zhou. (2000). El entrenamiento cruzado: una posibilidad del mantenimiento de la forma ante lesiones unilaterales: . *Medicina Esport*, 15.