

Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Sistema nervoso](#)
- [Evolução do sistema nervoso](#)
- [Origem embrionária do sistema nervoso](#)
- [Componentes do sistema nervoso](#)
- [Sistema nervoso central](#)
- [Sono X Coma](#)
- [Medula espinhal ou raquidiana](#)
- [Meninges](#)
- [Sistema nervoso periférico](#)
- [Nervos cranianos e raquidianos](#)
- [Arco-reflexo](#)
- [Sistema nervoso de vida de relação e sistema nervoso autônomo](#)

SISTEMA NERVOSO

Organismos pluricelulares são formados por um número absurdamente grande de células. Na espécie humana, por exemplo, são cerca de 60 trilhões de células. Deve haver, pois, uma intrincada rede de comunicação e controle entre essas células para haver uma harmonia entre as funções orgânicas. Essa harmonia foi conseguida com o surgimento dos **sistemas integradores**.

Três sistemas orgânicos podem ser denominados em conjunto de sistemas integradores, porque são responsáveis pela integração das células do organismo entre si e com o meio. Esses sistemas são o **sistema nervoso**, o **sistema sensorial** e o **sistema endócrino**.

O **sistema nervoso** foi uma aquisição evolutiva de organismos pluricelulares dentro do Reino Animalia para que estes pudessem integrar as diversas células que constituem seu corpo. Desse modo, como já mencionado, o objetivo do sistema nervoso é coordenar de maneira harmônica os vários grupos de células do organismo entre si e com ambiente, sendo um dos sistemas integradores.

Para isso, o sistema nervoso é constituído de tecido nervoso, dotado de **neurônios** capazes de gerar e transmitir **impulsos nervosos**.

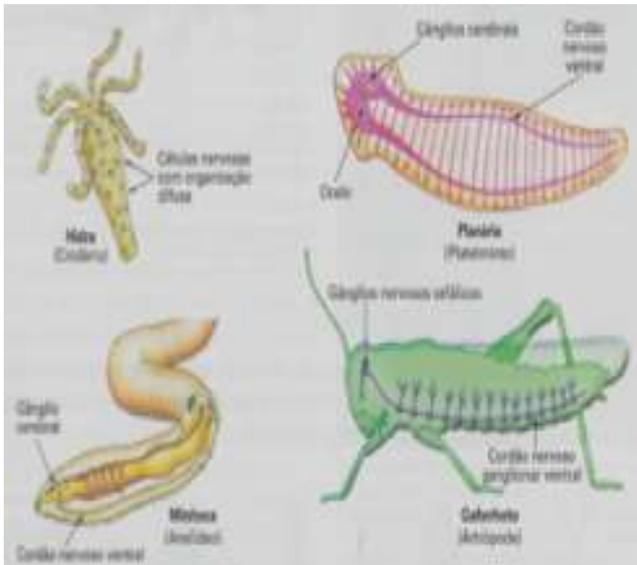
O sistema sensorial permite a integração do organismo com o meio e o **sistema endócrino** age de modo semelhante ao sistema nervoso, mas utilizando substâncias químicas, os **hormônios**, para a comunicação entre as células.

EVOLUÇÃO DO SISTEMA NERVOSO

Células nervosas são estruturas **exclusivamente** encontradas em **animais**, estando presentes em quase todos os filos animais. **Poríferos, no entanto, são os únicos animais que não apresentam células nervosas**, de modo que as respostas aos estímulos ambientais são feitas localmente por cada célula.

Os primeiros animais a apresentarem células nervosas são os **cnidários**. Essas células nervosas estão espalhadas pelo corpo, em uma **rede nervosa difusa**. Alguns autores falam em sistema nervoso difuso, mas este termo não é de todo apropriado, uma vez que celenterados têm organização tecidual, mas não têm ainda órgãos caracterizados. Além disso, os neurônios em celenterados não se concentram em uma área de modo a formar órgãos nervosos, de modo que o termo rede nervosa difusa se torna realmente mais adequado.

Na **maioria dos demais invertebrados**, há um **sistema nervoso ganglionar com um par de cordões nervosos ventrais**. Gânglios nervosos são agrupamentos de neurônios. A partir de platelmintos na escala evolutiva, observa-se a tendência à **cefalização**, ou seja, surge a **simetria bilateral** e com ela uma cabeça que concentra a maioria dos órgãos sensoriais e células nervosas. Os órgãos sensoriais na porção anterior do corpo, a cabeça, possibilitam uma rápida análise do meio em que se adentra, possibilitando reações mais rápidas aos estímulos. Isso é auxiliado pela concentração de células nervosas nessa mesma região, e, portanto próximo dos órgãos sensoriais. Assim, há uma rápida interpretação dos estímulos percebidos. Novamente, isso possibilita uma resposta mais rápida. A necessidade de cefalização faz com que surjam gânglios maiores na cabeça, denominados de **gânglios cerebroides**, que agem principalmente inibindo os demais. Na verdade, cada gânglio controla uma região do corpo de modo independente. Os gânglios se organizam aos pares, bilateralmente, e são ligados por cordões nervosos localizados na posição ventral, daí o termo sistema nervoso ganglionar com um par de cordões nervosos ventrais. Este padrão de sistema nervoso é encontrado em platelmintos, moluscos, anelídeos, artrópodes e equinodermos. Apenas em nematelmintos há uma diferença notável: ao invés de dois cordões nervosos ventrais, são quatro cordões nervosos, sendo dois laterais, um dorsal e um ventral.



Esquema representando o sistema nervoso de alguns animais.

Em vertebrados, há um sistema nervoso cérebro-espinhal, e é este que será descrito a partir de agora.

ORIGEM EMBRIONÁRIA DO SISTEMA NERVOSO

A fase de nêurula do desenvolvimento embrionário mostra a formação do tubo neural: a ectoderme dorsal se espessa, de maneira que suas células passam a ser colunares e bastante altas, caracterizando a formação da placa neural. A placa neural então começa a afundar, originando uma depressão denominada goteira ou sulco neural. Os bordos da goteira neural são bastante pronunciados, sendo ditos cristas neurais.

À medida que a placa neural vai afundando para a formação da goteira neural, as cristas neurais vão se aproximando até se encostarem, quando então forma-se o tubo neural e as cristas neurais regeneram a ectoderme dorsal. (Para lembrar melhor, dê uma olhada nas aulas de Embriologia!)

O tubo neural em corte longitudinal apresenta uma dilatação na região anterior dividida em três partes, denominadas vesículas cerebrais primitivas, que irão originar o encéfalo. O restante do tubo neural é a medula primitiva, que irá originar a medula espinhal.

As três vesículas cerebrais primitivas são o prosencéfalo, o mesencéfalo e o rombencéfalo, no sentido de anterior para posterior. Observe o destino de cada uma dessas vesículas:

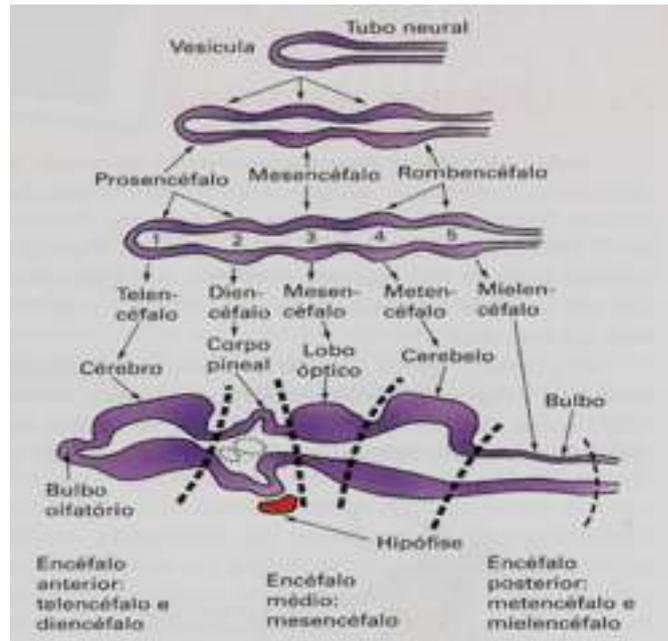
- O **prosencefalo** origina o **telencefalo**, que formará o cérebro, e o **diencefalo**, que formará o tálamo, o hipotálamo e a hipófise (que é uma glândula e não faz parte diretamente do sistema nervoso).
- O **mesencefalo** permanece sem se desenvolver no adulto, com o nome de mesencefalo mesmo.
- O **rombencefalo** origina o **metencefalo**, que origina o cerebelo e a ponte de Varolio (ou protuberância), e o **mielencefalo**, que origina o bulbo raquidiano. O conjunto mesencefalo, ponte e bulbo é dito tronco encefálico.

COMPONENTES DO SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso cérebro-espinhal dos vertebrados pode ser dividido em duas grandes áreas, que são o sistema nervoso central (SNC) e o sistema nervoso periférico (SNP).

O SNC está inserido no interior de esqueleto axial, que é formado por crânio e coluna vertebral. Assim, há o encéfalo no interior do crânio e a medula espinhal no interior da coluna vertebral. Pode-se dizer então que o SNC é formado por encéfalo e medula espinhal, que juntos abrigam a imensa maioria dos corpos de neurônio no organismo.

O SNP é formado pelo conjunto de gânglios nervosos e nervos. Gânglios nervosos em vertebrados não necessariamente são grupos de neurônios, mas qualquer corpo de neurônio, mesmo solitário, que se localiza fora do sistema nervoso central, ou seja, não está em encéfalo ou medula espinhal. Os nervos são conjuntos de axônios envolvidos por uma camada de tecido conjuntivo.



Cuidado! Não confunda gânglio nervoso com gânglio linfático, que é formado não por tecido nervoso, mas por tecido hematopoético linfóide, para a produção de células de defesa do sangue.

SISTEMA NERVOSO CENTRAL

SUBSTÂNCIA BRANCA E SUBSTÂNCIA CINZENTA

A maioria dos axônios constitui fibras mielinizadas. No SNC, podem ser distinguidas duas regiões bem nítidas, a **substância**

branca e a **substância cinzenta**. A substância branca corresponde a uma área que contém apenas fibras mielinizadas, e é branca exatamente devido à esfingomielina. A substância cinzenta contém corpos celulares de neurônios e fibras amielinizadas.

Note que a substância branca é apenas uma área de condução de impulsos, enquanto que a

substância cinzenta é uma área de interpretação de estímulos, controle de órgãos, memória etc, pois tudo isso é realizado pelos núcleos dos neurônios, que se encontram nos corpos celulares. Desta maneira, em nível de SNC, a substância cinzenta é a única região que contém corpos celulares.

No **encéfalo**, a substância cinzenta encontra-se na perife-

ria e a substância branca no centro. Esta região mais externa do encéfalo, chamada **córtex cerebral**, apresenta superfície maior, possuindo, pois, maior número de corpos celulares neuronais, o que possibilita o desenvolvimento e manutenção de funções mais complexas. A exceção é o bulbo raquidiano, onde a distribuição é idêntica à que ocorre na medula.

Na **medula espinhal** e no **bulbo** ocorre uma inversão, com a substância branca na periferia e a substância cinzenta no centro. O objetivo é evitar lesões na substância cinzenta pelos choques entre as vértebras (no centro da medula, ela está mais protegida do que na periferia).

LISENCÉFALOS E GIRENCÉFALOS

Em vertebrados inferiores, **peixes, anfíbios, répteis** e **aves**, o córtex é liso, sendo estes organismos ditos **lisencéfalos**. Isto explica o pouco desenvolvimento cerebral destes organismos, havendo maior desenvolvimento de outras áreas do encéfalo.

Os **mamíferos** são ditos **girencéfalos**. A superfície de seu córtex é repleta de circunvoluções ou giros. Esses aumentam a **superfície do córtex** que, por ser formado de substância cinzenta, possuirá uma quantidade muito maior de corpos celulares neuronais do que nos organismos lisencéfalos.

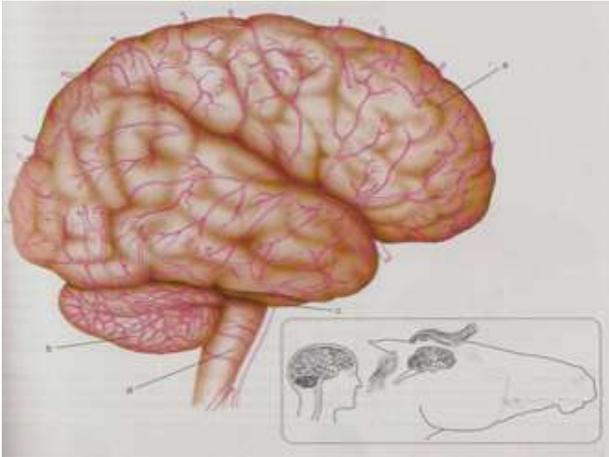
O cérebro de um crocodilo é, evidentemente, maior do que o cérebro de um camundongo. Todavia, o crocodilo, como réptil, é lisencéfalo, enquanto o camundongo, como mamífero, é girencéfalo. Por isso, a extensão do córtex cerebral do camundongo é maior do que a do crocodilo, justificando a maior inteligência do roedor.

Na espécie humana, o córtex é extremamente desenvolvido, o que é um fator marcante na determinação daquela que é sem dúvida a maior diferença dos Homo Sapiens para as demais espécies animais: sua grande inteligência.

Tome nota:

ENCÉFALO

O **encéfalo** é formado por **cérebro, tálamo, hipotálamo, cerebelo, mesencéfalo, ponte de Varolio** (ou protuberância) e **bulbo raquidiano**. O conjunto formado por mesencéfalo, ponte e bulbo é dito tronco encefálico.



Encéfalo humano. Na figura maior – a. hemisfério cerebral direito; b. cerebelo, c. ponte; d. bulbo raquidiano. Na figura menor – demonstração da dimensão do cérebro humano. O homem tem um cérebro proporcionalmente muito grande. O desenho representa as cabeças e os cérebros de um homem e de um cavalo, na mesma escala.

CÉREBRO, TÁLAMO E HIPOTÁLAMO

Os **hemisférios cerebrais** estão relacionados ao controle das funções voluntárias do organismo, ou seja, dos músculos esqueléticos. Além disso, todas as funções de aprendizado, raciocínio, criatividade, memória e interpretação dos estímulos sensoriais são de responsabilidade desses hemisférios.

Os hemisférios atuam controlando os músculos do lado oposto do corpo, uma vez que os nervos que partem do crânio cruzam o plano sagital em uma região denominada quiasma, na base do encéfalo. Assim, o hemisfério esquerdo controla o lado direito do corpo, e o hemisfério direito controla o lado esquerdo do corpo.

Existe uma área do cérebro, denominada **hipocampo**, que está relacionada aos fenômenos de memória. O Mal de Alzheimer ataca os nervos desta área, onde as recordações estão armazenadas, além de afetar outras áreas do cérebro como

o lobo parietal e o córtex motor. Provoca danos na memória e o doente pode ter alucinações, perder a capacidade de falar, de ler, de andar e reconhecer os locais, os objetos e as pessoas. Esta doença é de propensão genética, parecendo estar relacionada ao cromossomo 21.

O **tálamo** é uma área de retransmissão de impulsos, estando relacionado a reflexos.

O **hipotálamo** é uma área localizada na região basal do cérebro que controla vários instintos e reflexos involuntários relacionados à sobrevivência do indivíduo. Assim, o hipotálamo controla a atividade glandular, a fome, a sede, a agressividade e o desejo sexual, bem como é responsável pela regulação hídrica e térmica do organismo. O hipotálamo também é o centro das emoções no encéfalo.

CEREBELO

O cerebelo está relacionado às atividades de coordenação motora e equilíbrio corporal.

O Mal de Parkinson está relacionado à deficiência na produção do neurotransmissor dopamina em uma certa área do encéfalo, denominada de substância negra ou corpo estriado do cérebro. Esta dopamina é utilizada no controle da coordenação motora pelo cerebelo. Daí os tremores e a dificuldade de coordenação motora do portador de Mal de Parkinson. É uma doença degenerativa de propensão genética.

TRONCO ENCEFÁLICO

O **tronco encefálico** é constituído de **mesencéfalo, ponte e bulbo**.

O mesencéfalo e a ponte, como o tálamo, são áreas de retransmissão de impulsos nervosos. O **mesencéfalo**, por exemplo, recebe e coordena informações referentes ao estado de contração dos músculos e à postura do corpo, sendo responsável por certos reflexos, como o de contração da pupila do olho diante da luz. Em peixes, anfíbios, répteis e aves, o mesencéfalo é o centro da visão, e não o cérebro. A **ponte** é constituída principalmente por fibras nervosas mielinizadas que ligam o córtex cerebral ao cerebelo.

O **bulbo raquidiano** controla funções vitais involuntárias do organismo, como ritmo respiratório (através de uma área denominada de centro respiratório) e grau de contração de vasos sanguíneos (e consequentemente pressão arterial, através de uma área do bulbo chamada centro vasomotor), além de influenciar no ritmo cardíaco (que na verdade é controlado pelo nódulo sinoatrial, o marca-passo do coração). O bulbo também controla peristaltismo e reflexos de vômito, tosse e espirro.

MAPEANDO AS REGIÕES DO ENCÉFALO

As primeiras noções sobre mapeamento das áreas do encéfalo foram dadas pela análise de pacientes submetidos a lesões encefálicas. Pesquisadores analisavam a área da lesão e relacionavam com as dificuldades desenvolvidas pelo paciente a partir do surgimento delas. As funções de várias regiões do encéfalo foram descobertas desta maneira.

Uma técnica bastante utilizada para estudar a atividade encefálica é a cintilografia. Ela consiste em injetar no sangue do indivíduo uma substância radioativa de meia-vida curta. A radiação é detectada através de ecrans (filmes) radiográficos especiais. As áreas do encéfalo com maior ativi-

dade em um dado momento serão mostradas nos filmes radiográficos, cujas imagens foram tomadas em sequência. Quanto maior a utilização de uma área no encéfalo, maior a necessidade de energia, consequentemente de oxigênio e sangue; aumentando o fluxo sanguíneo para esta área, aumentará os níveis de substâncias radioativas, já que estas foram injetadas exatamente no sangue do paciente.

Há hoje em dia técnicas bem apuradas para mapeamento do encéfalo, como os exames de tomografia computadorizada por emissão de pósitrons (PET) e ressonância magnética.



Mapeamento de algumas regiões do cérebro.

Tome nota:

SONO X COMA

Sono é uma atividade de repouso para o cérebro, onde há atividade cerebral. O sono é necessário para, além do repouso físico, haver regeneração de neurotransmissores no SNC e consolidação dos eventos aprendidos durante o dia. Recém-nascidos, por exemplo, necessitam de mais sono para que possam fixar os conhecimentos adquiridos, já que no caso deles tudo é novidade.

Em uma análise em **eletroencefalograma**, as ondas geradas pelo sistema nervoso são caracterizadas como **ondas beta** quando entre 13 e 30 Hz, sendo verificadas em **estado vigília**, como **ondas alfa** quando entre 8 e 13 Hz, sendo verificadas em estado de sono ou hipnose, como **ondas teta**, quando entre 4 e 7 Hz, sendo verificadas em estado de sonolência, e como **ondas delta** quando entre 0,5 e 4 Hz, sendo verificadas em estado de **sono profundo**, conhecido como **sono REM** ou rapid eyes movement, onde ocorrem os sonhos.

Coma é a interrupção das atividades do córtex cerebral, ficando o indivíduo incapaz de pensar, sentir ou se movimentar. É normalmente causado por lesões cerebrais, podendo ser permanente ou não. Substâncias depressoras do SNC, como álcool em excesso ou anestésicos gerais, podem causar esta situação. Queda de pH sanguíneo também pode causar esta situação.

O indivíduo em coma permanente, dependendo da extensão da lesão, pode apresentar ainda lesões no bulbo. Nesse caso, seus batimentos cardíacos continuariam (graças ao controle pelo nódulo sinoatrial), mas a respiração pararia. Em hospitais, o uso de equipamentos como respiradores artificiais podem manter o indivíduo vivo, por manter a atividade respiratória. A **eutanásia** é a indução da morte de um indivíduo, como no caso em que os equipamentos são desligados, o que é feito quando não há mais possibilidade de se sair do coma. Os órgãos podem ser retirados para doação. Sempre há o dilema moral se é correto ou não esta prática, e os aspectos éticos merecem discussão particular.

MEDULA ESPINHAL OU RAQUIDIANA

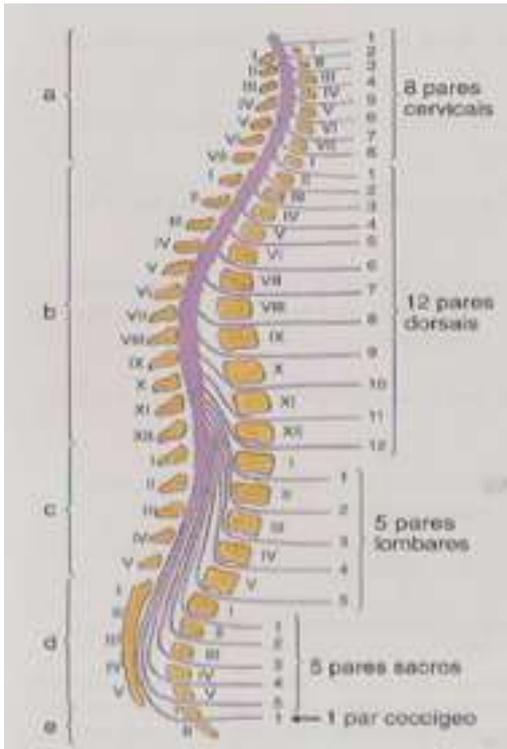
A **medula espinhal** está alojada no canal vertebral, formado pelo conjunto de forames vertebrais ("buracos" nas vértebras) na coluna vertebral. Esta é dotada de 33 vértebras divididas em cinco tipos: cervicais (pescoço), torácicas (tórax), lombares (abdome), sacrais e coccigeanas (esses dois últimos tipos no fim da coluna).

A medula raquidiana, entretanto, não ocupa totalmente o canal vertebral, ela termina mais ou menos ao nível da 1ª a ou 2ª vértebra lombar. Abaixo desse nível, só se encontra um cordão fibroso muito fino, o **filum terminale** ou **cauda equina**, que prende a extremidade inferior da medula ao cóccix, mantendo-a sempre esticada.

Anestésias como a Raquel (anestesia raquidi-

ana) são aplicadas na região lombar. A aplicação do anestésico é feita com uma agulha que penetra o canal medular abaixo da 2ª vértebra lombar. Isso resulta em menor risco de lesão para a medula porque, a essa altura, não há mais a medula propriamente dita, só o *filum terminale*. Lesões no *filum terminale*, que é constituído de tecido conjuntivo, não causariam grandes problemas, mesmo porque ele facilmente cicatrizaria.

A medula espinhal, além de ser uma área de retransmissão de impulsos nervosos, controla reflexos involuntários de autopreservação, como a retirada de um membro diante de um objeto quente ou o furo de uma agulha, por exemplo.



Os 31 pares de nervos raquidianos. Repare que a medula só vai até a 1ª vértebra lombar. Dali por diante, os nervos forma o filum terminale. Os pares se dividem em 4 plexos: a. plexo cervical; b. plexo dorsal; c. plexo lombar; d e e. plexo sacrococígeo.

MENINGES

O encéfalo e a medula ficam totalmente protegidos por estruturas ósseas, crânio e coluna vertebral, e por três membranas, as **meninges**, que são, de fora para dentro.

- dura-máter, a mais externa, grossa e fibrosa;
- aracnoide, intermediária e com vascularização muito intensa, lembrando uma teia de aranha;
- pia-máter, a mais interna e delgada, estando aderida às estruturas do SNC.

Entre a aracnoide e a pia-máter, existe um espaço, denominado subaracnoide, onde se localiza o **líquor** ou **líquido cefalorraquidiano**, que tem função protetora e de distribuição de

nutrientes para o SNC. A inflamação das meninges é denominada meningite, e pode ter várias causas, sendo a mais comum a meningite meningocócica pela bactéria *Neisseria meningitidis*. O indivíduo apresentará febre, cefaleia, náuseas, vômitos e rigidez na nuca. Pode ser fatal. Seu diagnóstico envolve a realização de um exame denominado **punção lombar**, onde há coleta de líquido cefalorraquidiano através de uma agulha inserida na região lombar (ao nível do *filum terminale*).

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

O **sistema nervoso periférico**, como já mencionado, é formado pelos **nervos** e **gânglios nervosos**. Como já analisado anteriormente, gânglios nervosos são quaisquer corpos de neurônios localizados fora do SNC, mesmo que sozinhos (um corpo de neurônio já pode ser um gânglio). Nervos são grupos de axônios envoltos por uma bainha de tecido conjuntivo.

NERVOS SENSITIVOS E MOTORES

Os axônios podem ser de neurônios ditos sensitivos, que captam estímulos, sendo aferentes, ou seja, chegando ao SNC, ou de neurônios ditos motores, que enviam estímulos a órgãos eferentes, sendo eferentes, ou seja, saindo do SNC. Em um nervo, pode haver apenas axônios sensitivos, sendo os **nervos sensitivos**, apenas axônios motores, sendo os **nervos motores**, ou neurônios sensitivos e motores, sendo os **nervos mistos**. Lembre-se de que não ocorrem neurônios mistos, uma vez que a condução do impulso nervoso é unidirecional, sempre no sentido dendrito-corpo celular-axônio.

NERVOS CRANIANOS E RAQUIDIANOS

Do **encéfalo** partem **12 pares** de nervos ditos **nervos cranianos**, que podem ser **motores, sensitivos** ou **mistos**. São eles:

Par I – Olfativo (sensitivo)	Transmite ao cérebro os impulsos que permitem a percepção do olfato
Par II – Óptico (sensitivo)	Transmite ao cérebro os impulsos que permitem a percepção da visão
Par III – Oculomotor ou motor ocular comum (motor)	Movimenta os olhos para cima e para baixo
Par IV – Troclear ou patético (motor)	Movimenta os olhos de modo circular
Par V – Trigêmio (misto)	Transmite ao cérebro os impulsos que permitem a percepção do tato na face e controla os músculos da mímica
Par VI – Abducente ou motor ocular externo (motor)	Movimenta os olhos para fora
Par VII – Facial (misto)	Transmite ao cérebro os impulsos que permitem a percepção do tato na face e controla os músculos da mímica
Par VIII – Vestíbulo-coclear ou acústico (sensitivo)	Transmite ao cérebro os impulsos que permitem a percepção da audição e ao cerebelo os impulsos que permitem a percepção do equilíbrio
Par IX – Glossofaríngeo (misto)	Transmite ao cérebro os impulsos que permitem a percepção do paladar na língua e movimenta a língua
Par X – Vago ou Pneumogástrico (misto)	Principal nervo do sistema nervoso autônomo parassimpático, inerva as vísceras torácicas e abdominais
Par XI – Acessório ou espinal (motor)	Movimenta os músculos dos ombros
Par XII – Hipoglosso (motor)	Movimenta a língua

Da **medula espinal** partem **31 pares** de nervos ditos **nervos raquidianos**, todos **mistos**. Eles são dotados de uma **raiz ventral motora**, com neurônios motores, ou seja, eferentes, e uma **raiz dorsal sensitiva**, com neurônios sensitivos, ou seja, aferentes.

ARCO-REFLEXO

Certamente, você já tocou alguma vez com mais força do que esperava na ponta de uma agulha. E retirou o dedo bruscamente, com uma rapidez que, voluntária ou conscientemente, não lhe seria possível. Esse fato constitui um exemplo de arco-reflexo. O **arco-reflexo** é a resposta imediata à excitação de um nervo sem a intervenção da vontade (e às vezes, da consciência) do indivíduo.

ARCO-REFLEXO SIMPLES

No exemplo acima, o estímulo correu pelas fibras sensitivas de um nervo raquidiano (relacionadas à raiz dorsal deste nervo), contornou a massa cinzenta da medula pelo neurônio de associação (que em alguns casos comunica nervos sensitivos com nervos motores) e voltou, pelas fibras motoras do nervo raquidiano (relacionadas à raiz ventral deste nervo), atingindo os músculos do braço e da mão, obrigando-os a contrair e retirar o dedo da ponta da agulha. Este tipo de arco-reflexo é simples, envolvendo apenas a medula.

Arco-reflexo simples é aquele que envolve apenas dois ou três neurônios, tendo controle medular:

- o **neurônio aferente ou sensitivo** conduz o estímulo até a medula;
- o **neurônio de associação ou interneurônio** conecta o aferente com os nervos que conduzem ao encéfalo e simultaneamente com o neurônio eferente;
- o **neurônio eferente ou motor** conduz o estímulo ao órgão efector para que haja a resposta.

Em alguns casos, os arcos-reflexos medulares envolvem apenas dois neurônios, não havendo a participação de um neurônio de associação. O mais importante na definição do arco-reflexo simples é a não participação do encéfalo no controle do órgão efector.

Os arcos-reflexos simples envolvem um controle apenas medular para que possam ser mais rápidos, uma vez que estão relacionados à auto-preservação: no caso de uma agulha perfurando a pele do braço, quanto mais rápida a remoção do braço, menores os danos provocados pela agulha. A dor só é sentida neste caso porque o neurônio de associação conduz o estímulo também ao encéfalo, para que seja interpretada a sensação dolorosa. O arco-reflexo rotuliano ou patelar é um exemplo deste tipo de arco-reflexo simples.

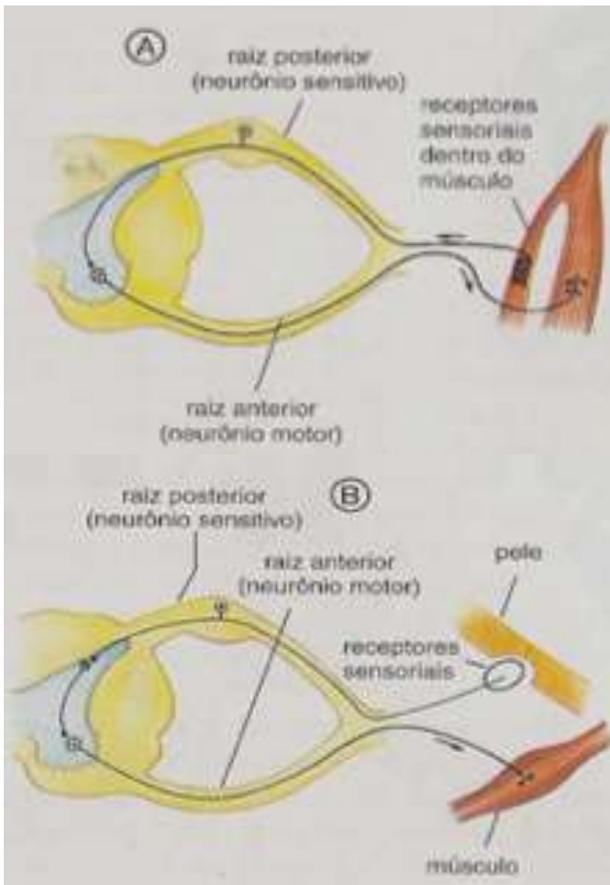
Uma pessoa paraplégica é incapaz de mover as

pernas conscientemente ou sentir dor, mas ao perfurar o pé com uma agulha, este irá se retirar por reflexo, mesmo o indivíduo não sentindo a agulha. Como? Normalmente, a perfuração geraria um impulso levado à medula por um neurônio sensitivo, e daí, duas coisas aconteceriam: a medula espinhal através de um neurônio motor ordenaria o arco-reflexo para retirada do pé da agulha e a transferiria um novo impulso ao encéfalo, que interpretaria então a dor da picada da agulha. Para a pessoa paraplégica, cuja medula foi seccionada por algum motivo, a medula espinhal continuaria gerando o impulso para o arco-reflexo de remoção do pé, mas o impulso destinado ao encéfalo não chegaria devido à secção da medula: a dor da picada não seria percebida.

SECÇÃO DE NERVOS RAQUIDIANOS EM ARCOS-REFLEXOS SIMPLES

Nervos raquidianos, como já mencionados, são dotados de uma raiz ventral motora (com neurônios motores ou eferentes) e uma raiz dorsal sensitiva (com neurônios sensitivos ou aferentes). Diante de um caso de arco-reflexo simples, a secção de nervos raquidianos pode levar aos seguintes efeitos:

- A **secção da raiz sensitiva** levaria a não percepção de estímulos na pele, bem como à ausência de resposta motora (já que não houve a percepção do estímulo que deveria desencadear uma resposta a partir do arco-reflexo medular).
- A **secção da raiz motora** levaria à ausência de resposta motora, mas havendo a sensibilidade dolorosa (porque o neurônio de conexão continuaria levando a informação ao encéfalo para que ele perceba a dor).



Comparação entre um arco-reflexo simples envolvendo apenas 2 neurônios, como o reflexo rotuliano ou patelar, e um arco-reflexo simples que envolve 3 neurônios.

ARCO-REFLEXO COMPOSTO E REFLEXOS CONDICIONADOS

Arcos-reflexos compostos envolvem mais de 2 ou 3 neurônios e envolvem um controle encefálico.

Alguns desses reflexos podem ser de uma certa maneira "aprendidos", passando a acontecer em uma escala inconsciente. São os reflexos condicionados.

Em 1903, o fisiologista russo Ivan Petrovich Pavlov lançou a teoria dos reflexos condicionados, que lhe valeu o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina de 1904. Segundo o cientista, o organismo pode desenvolver um certo tipo de resposta estereotipada, constante, sempre que se expõe a um fator de estímulo desencadeante altamente repetitivo ou, pelo menos, de grande expressão.

Pavlov descobriu os reflexos condicionados trabalhando com cães. Ele acionava uma sineta toda vez que oferecia alimento aos animais. Depois de um longo período de treinamento, com a insistên-

cia da sineta, observou que os cães começavam a salivar e descobriu, também, que desencadeavam a produção de suco gástrico no estômago mesmo sem receber alimento, bastando ouvir o som da sineta.

Assim, Pavlov lançou as bases da sua Psicologia Fisiológica, que ainda hoje é respeitada pelos fisiologistas do mundo inteiro. Portanto, os reflexos condicionados são os reflexos adquiridos através de um processo de aprendizagem, de adestramento ou de análise de dados relevantes computados na memória do indivíduo. Eles podem exercer influência na personalidade ou no comportamento das pessoas.

SISTEMA NERVOSO DE VIDA DE RELAÇÃO E SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

O SNP compreende todos os nervos do nosso corpo. Muitos desses nervos têm a sua atuação na dependência da vontade do indivíduo, revelando ação voluntária. Esses nervos motores de ação voluntária, juntamente com os nervos sensitivos, que permitem ver, ouvir, sentir dor, cheiro, gosto, calor ou frio etc, oferecem ao indivíduo a possibilidade de se relacionar com o meio ambiente. Por isso eles formam o que se pode chamar de **sistema nervoso de vida de relação**.

Esse sistema contrasta com um outro grande número de nervos que atuam sem a consciência ou a vontade do indivíduo, regulando a atividade de inúmeros órgãos, como o coração, o estômago, os intestinos, e os movimentos do diafragma, as secreções das glândulas salivares, o diâmetro das pupilas etc. Esses nervos de ação involuntária, que trabalham inconscientemente, formam em conjunto o **sistema nervoso da vida vegetativa** ou **sistema nervoso autônomo (SNA)**.

Assim, músculos esquelético, de ação voluntária, são controlados pelo sistema nervoso de vida de relação, enquanto que músculos lisos e glândulas, de ação involuntária, são controlados pelo sistema nervoso autônomo.

O SNA é, pois a parte motora involuntária do sistema nervoso periférico. Em outras palavras,

corresponde apenas a neurônios e gânglios motores para controle de órgãos involuntários (vísceras) como músculos lisos e glândulas.

O SNA possui nervos divididos em dois grupos: o **SNA parassimpático (SNAP)** e o **SNA simpático (SNAS)**. O SNAP atua no indivíduo relaxado, enquanto que o SNAS é acionado em situações de estresse.

O SNAS, junto com a adrenalina da medula das glândulas adrenais, promove no organismo um conjunto de modificações conhecidas como **Síndrome da Emergência de Cannon**, que resultam em um aumento de força física pelo aumento do fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, de oxigênio para os músculos, além do aumento da capacidade de percepção sensorial. Como descrito por Cannon, uma preparação do indivíduo para, diante da situação de estresse, "**lutar ou fugir**".

DIFERENÇAS FUNCIONAIS ENTRE SNAP E SNAS

Abaixo, algumas funções do SNAS e do SNAP. De modo geral, o SNAS é estimulante e o SNAP é inibidor. Observe, entretanto que nem sempre isso ocorre. De modo geral:

- O SNAS é estimulante dos sistemas cardiovascular e respiratório e inibidor dos sistemas digestório e geniturinário.
- O SNAP é inibidor dos sistemas cardiovascular e respiratório e estimulante dos sistemas digestório e geniturinário.

Observe também que nem sempre eles são antagônicos.

Órgãos	SNAS	SNAP
Pupila	Midríase (dilatação)	Miose (contração)
Coração	Taquicardia e vasodilatação das coronárias (aumento do débito cardíaco e bombeamento de sangue e oxigênio para os músculos)	Bradycardia e vasodilatação das coronárias
Vasos sanguíneos periféricos (da pele)	Vasoconstrição periférico (palidez e aumento da pressão arterial, com conseqüente aumento do bombeamento de sangue e oxigênio para os músculos)	Pouco efeito
Vasos sanguíneos centrais (de músculos e vísceras)	Vasodilatação central (aumento do fluxo de sangue e oxigênio para os músculos)	Pouco efeito
Brônquios	Broncodilatação (aumento do aporte de oxigênio para os pulmões e, conseqüentemente, para o sangue)	Broncoconstrição
Ritmo respiratório	Taquipneia (aumento do ritmo respiratório e do aporte de oxigênio para os pulmões e, conseqüentemente, para o sangue)	Bradipneia (diminuição do ritmo respiratório)
Tubo digestivo	Diminuição do peristaltismo de fechamento dos esfínteres	Diminuição do peristaltismo de abertura dos esfínteres
Bexiga	Pouco ou nenhum efeito	Contração da musculatura (micção)
Órgãos genitais	Vasoconstrição (ejaculação e orgasmo feminino)	Vasodilatação (ereção peniana e ereção clitoriana)
Glândulas sudoríparas	Secreção abundante	Inervação ausente
Músculos eretores dos pelos	Contração e ereção dos pelos (em mamíferos não humanos, com aumento do tamanho aparente para intimidação de agressores)	Inervação ausente
Medula das glândulas supra-renais	Liberação de adrenalina, promovendo glicogenólise e aumento de glicemia e liberação de endorfinas para inibição de dor	Inervação ausente

DIFERENÇAS ANATÔMICAS ENTRE SNAP E SNAS

O **SNAP** tem **origem crânio-sacral**, no par X de nervos cranianos (vago ou pneumogástrico) e raízes ventrais de nervos raquidianos de origem sacral.

O **SNAS** tem **origem tóraco-lombar**, nas raízes ventrais de nervos raquidianos de origem torácica e lombar.

DIFERENÇAS HISTOLÓGICAS ENTRE SNAP E SNAS

Cada nervo do SNA é formado por 2 neurônios, sendo uma fibra que parte da origem, encéfalo ou medula, até um gânglio fora do SNC, sendo dita **fibra pré-ganglionar**, e outra fibra que engloba o gânglio e vai até o órgão efector, sendo dita **fibra pós-ganglionar**.

O SNAP possui a **fibra pré-ganglionar longa** e a **fibra pós-ganglionar curta**. Devido a isso, o gânglio, ou seja, o corpo do neurônio pós-ganglionar, está muito próximo do órgão efector ou mesmo dentro deste. Quando o neurônio pós-ganglionar está dentro do órgão efector, forma estruturas ditas **plexos nervosos**.

O SNAS possui a **fibra pré-ganglionar curta** e a **fibra pós-ganglionar longa**.

DIFERENÇAS QUÍMICAS (FARMACOLÓGICAS) ENTRE SNAP E SNAS

O **SNAP** possui a **acetilcolina** como neurotransmissor nas duas sinapses que faz, entre o neurônio pré-sináptico e o pós-sináptico, e entre o neurônio pós-sináptico e o órgão efector. Assim, suas fibras nervosas são ditas **colinérgicas**.

O **SNAS** possui a **acetilcolina** com neurotransmissor na primeira sinapse, entre o neurônio pré-sináptico e o pós-sináptico, e a noradrenalina, também chamada norepinefrina, na segunda sinapse, entre o neurônio pós-sináptico e o órgão efector. Assim, suas fibras são ditas **adrenérgicas**. A exceção seria a inervação do SNAS nas glândulas sudoríparas, onde ambas as sinapses utilizam a acetilcolina como neurotransmissor.

Tome nota: