



Sistemas Nervoso e Imunológico

Fascículo 5
Unidade 13

Sistemas Nervoso e Imunológico

Para início de conversa

Quem nunca ralou o joelho, cortou o dedo, arranhou o braço ou queimou a pele? Dói, não é mesmo? E muitas vezes inflama, certo? Mas por que sentimos dor? E por que ocorre a **inflamação**?

Inflamação

reação do organismo frente a uma infecção ou lesão dos tecidos.

Bem, esses dois fenômenos ocorrem graças aos sistemas nervoso e imunológico (ou imune). Eles são responsáveis pela nossa interação com o ambiente ao redor, por perceber alterações em nosso próprio organismo e por nos proteger contra ameaças reais ou potenciais.



Figura 1: Quando sofremos algum tipo de ferimento, como ralar o joelho ou cortar o dedo, sentimos dor e, muitas vezes, a ferida inflama. O sistema nervoso é o responsável por percebermos que nos ferimos e também por sentirmos dor, enquanto o sistema imunológico é responsável pela resposta inflamatória.

Continuando o nosso percurso de aprendizagem sobre os sistemas que compõem o corpo humano, nesta unidade, você vai conhecer os principais componentes dos sistemas nervoso e imunológico. Também vamos discutir como percebemos e interagimos com o mundo ao nosso redor, e por que não ficamos doentes o tempo todo. E você vai aprender o que acontece quando o equilíbrio desses sistemas é alterado.

Objetivos de aprendizagem

- identificar os principais componentes dos sistemas nervoso e imunológico;
- enumerar as doenças que afetam as capacidades de raciocínio e movimento;
- apresentar argumentos que liguem relacionem o abuso do uso de drogas ao prejuízo à saúde;
- relacionar a ação do sistema imunológico ao fato de não adoecermos a todo o momento.

SEÇÃO 1

Sistema Nervoso

O sistema nervoso é responsável por coordenar todas as funções do organismo, desde jogar futebol e assistir a um filme até piscar os olhos ou chorar.

As informações vêm de todas as partes do corpo, sendo geradas por uma variedade de estímulos provenientes do ambiente ou do próprio organismo. Elas são analisadas e integradas no encéfalo, o principal órgão nervoso, por circuitos formados por células especializadas chamadas de neurônios. Estes são organizados em diferentes sistemas e somam, no encéfalo humano, cerca de 100 bilhões de células.

Os neurônios transmitem as informações por meio de impulsos elétricos que podem chegar a velocidades superiores a 100 m/s (cerca de 360 km/h). É por isso, por exemplo, que um motorista consegue frear o carro tão logo ele vê alguém atravessando a rua. Nesse caso, o sistema visual enviou uma mensagem ao encéfalo, que foi rapidamente analisada e processada por ele, resultando em uma ordem aos músculos para pisar no freio. O processo, que vai desde o momento em que o motorista viu a criança até a freada do veículo, ocorre em menos de um segundo!

Essa alta velocidade de transmissão se dá graças à estrutura física e à composição dos neurônios, assim como de outro tipo celular que, em muitos casos, os auxiliam: as células da Glia. Vamos entender um pouco mais sobre essas células.

1.1 Os Neurônios

A unidade básica do sistema nervoso é o neurônio, também chamado de célula nervosa. Os neurônios possuem uma região central, chamada corpo celular, onde se encontram o núcleo celular e a maioria das organelas. Possui também ramificações, que se originam do corpo celular, chamadas neuritos, que são de dois tipos: axônios e dendritos (**Figura 2**).

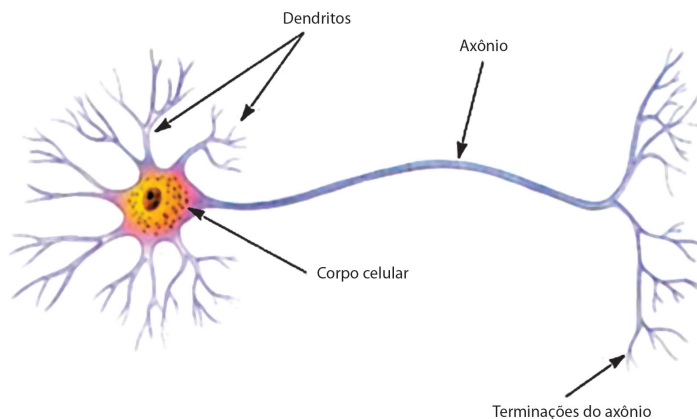


Figura 2: Estrutura do neurônio. O neurônio é formado por um corpo celular, axônio e dendritos.

Os axônios possuem diâmetro uniforme ao longo de toda sua extensão e podem se estender por longas distâncias. Os dendritos, por outro lado, raramente se estendem por mais de dois milímetros e formam ramificações **arborescentes**.

Arborescentes

Que têm quase a forma ou as características de uma árvore.

Quando um neurônio está em repouso, há íons de sódio (Na^+) fora da célula e íons de potássio (K^+), em menor quantidade, dentro da célula. A diferença de concentração desses íons faz com que, relativamente, o lado externo da membrana do neurônio seja mais positivo e o lado de dentro da membrana seja mais negativo.

Quando um neurônio é suficientemente excitado, esse gradiente se altera: muitos íons Na^+ entram na célula e de K^+ saem e a polaridade se inverte (fica negativo fora e positivo dentro). Isso é chamado de despolarização da membrana do neurônio, e gera um impulso elétrico que “caminha” por toda a extensão do axônio. Ou seja, essa onda de despolarização e repolarização acontece em diversos trechos sequenciais da membrana plasmática do axônio de um neurônio.

Em seguida, quando o quadro inicial se restabelece (mais sódio fora e potássio dentro) e o lado externo volta a ser mais positivo e o interno mais negativo. Esse evento é chamado de repolarização da membrana do axônio. Veja o esquema da Figura 3.

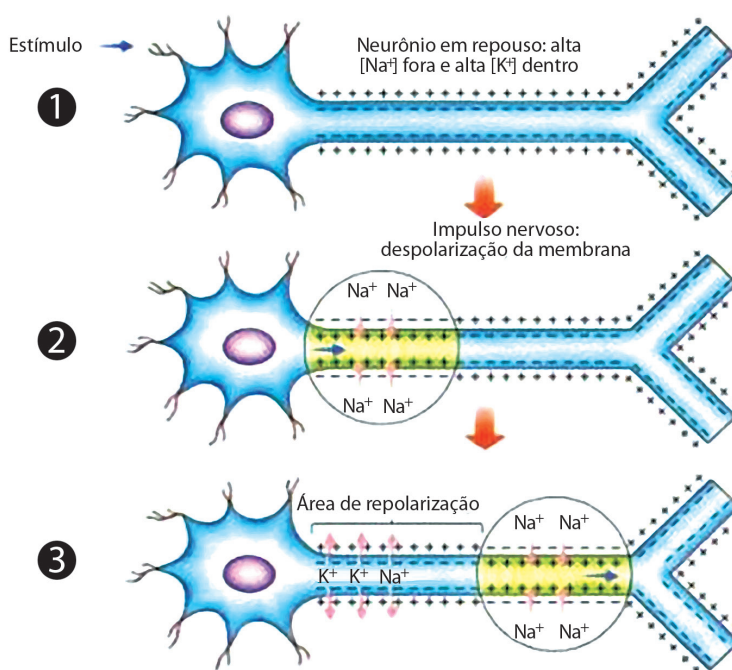


Figura 3: Impulso nervoso. Quando o neurônio está em repouso (1), a concentração de sódio (representado por "+") fora da célula é maior do que dentro dela. Já a concentração de potássio (-) é inversa. Quando o neurônio é estimulado (2), há aumento de entrada de sódio na célula, invertendo sua polaridade. Em seguida, o potássio e o excesso de sódio saem da célula, restabelecendo a polarização (repolarização, em 3). A troca de carga se propaga ao longo do axônio, transmitindo o sinal.

Para que essa onda de despolarização e repolarização aconteça e o impulso nervoso seja propagado, o estímulo inicial tem de ser eletricamente significativo. É a lei do tudo ou nada: se tem potencial suficiente, é propagado, se não, nada acontece.

A informação entre dois neurônios é transmitida sempre em um único sentido: chega pelos dendritos, passa pelo corpo celular e vai para os axônios. A zona de proximidade entre dois neurônios chama-se sinapse ou fenda sináptica.

A passagem das informações de um neurônio para o outro é chamada de transmissão sináptica. Ela é, muitas vezes, mediada pela liberação de substâncias químicas chamadas neurotransmissores. Vamos entender como isso funciona.

Ao chegar às terminações do axônio, o sinal elétrico é convertido em químico: o que passa de um neurônio a outro são neurotransmissores, que foram liberados na fenda sináptica por estímulo desencadeado pelo impulso elétrico que vimos ainda há pouco. Uma vez liberados na fenda sináptica, estes neurotransmissores que saíram do axônio de um neurônio entram em contato com receptores na membrana dos dendritos do outro neurônio. Quando os neurotransmissores se ligam a esses receptores, o sinal químico é convertido em elétrico, e ocorre a polarização e despolarização da membrana deste outro neurônio.

Essa transformação da informação (de elétrica para química e depois para elétrica novamente) torna possível a aprendizagem, a formação de memória, o controle motor necessário, por exemplo, para tocar um instrumento, ou realizar uma atividade física, além de controlar nossa capacidade de sentir alegria e tristeza, dor, fome, entre outras.

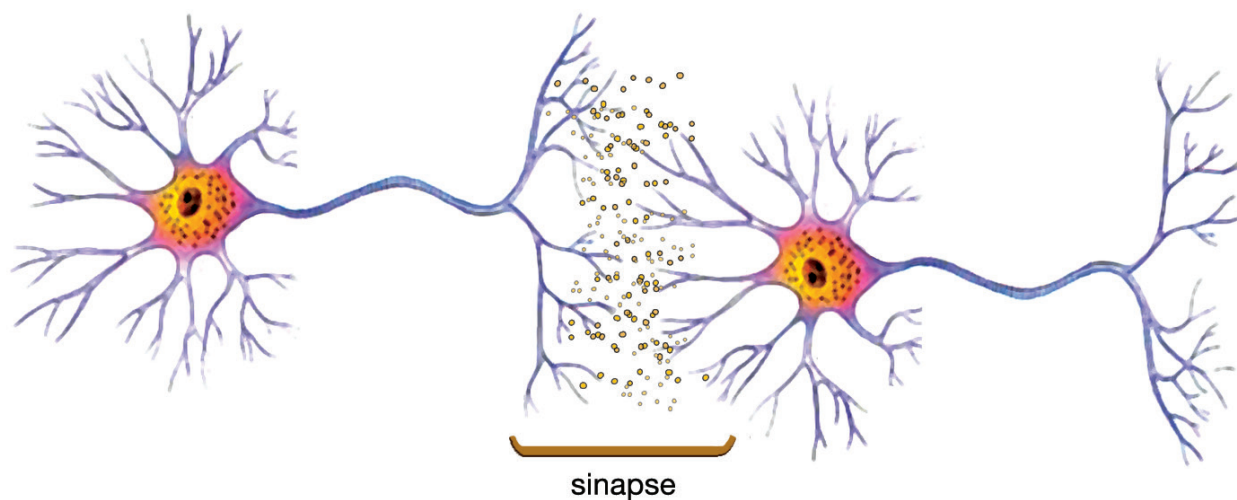


Figura 4: A sinapse formada entre dois neurônios, com neurotransmissores. É na sinapse que os neurotransmissores de um neurônio são liberados e captados pelo outro neurônio, desencadeando um impulso elétrico que transmite a informação.

Os neurônios não trabalham sozinhos. Eles são células extremamente especializadas na transmissão do impulso nervoso e, por isso, precisam do auxílio de outras células.

1.2 Um apoio ao trabalho neuronal: as células da glia

As células gliais excedem em cerca de dez vezes o número de neurônios e podem ser de três tipos:

- astrócitos;
- glia formadora de mielina (oligodendrócitos e células de Schwann);
- microglia.

A microglia consiste de macrófagos diferenciados – células do sistema de defesa do organismo, que você verá mais adiante aqui nesta unidade ainda. Elas são responsáveis por proteger o sistema nervoso de agentes causadores de doenças, como bactérias e vírus.

Os astrócitos possuem papel essencial no controle do conteúdo químico do espaço extracelular. Eles regulam a concentração de íons potássio no fluido extracelular e removem ativamente neurotransmissores da fenda sináptica.

Os oligodendrócitos e as células de Schwann formam a bainha de mielina. Ela envolve os axônios dos neurônios como o isolante de um cabo elétrico e sua função está relacionada ao aumento da segurança e da velocidade de condução dos impulsos nervosos, tanto no sistema nervoso central (SNC) como no periférico (SNP).

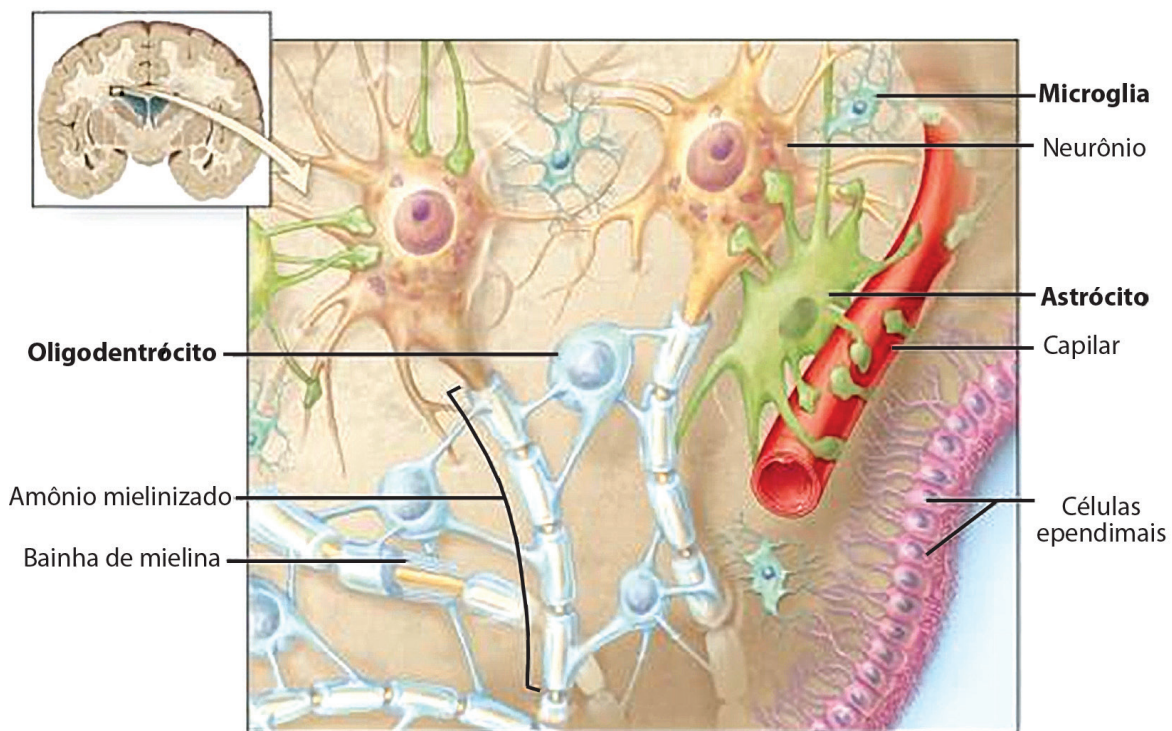


Figura 5: Se observarmos mais de perto as células que compõem o encéfalo, veremos aproximadamente esta imagem. Ela é uma ilustração, mostrando os diferentes tipos de células gliais que compõem o sistema nervoso. Observe que essas células estão sempre próximas aos neurônios, auxiliando-os em suas funções.

Bom, agora que você já entendeu como é a estrutura das células nervosas, vamos entender como é o sistema nervoso como um todo.

SEÇÃO 2

Sistema Nervoso Central e Periférico

O sistema nervoso pode ser dividido em dois grandes grupos, de acordo com a localização e função de seus componentes:

- Sistema nervoso central (SNC);
- Sistema nervoso periférico (SNP).

O sistema nervoso central (SNC) compreende a caixa craniana (onde se localiza o encéfalo) e a coluna vertebral (medula espinhal). Já o sistema nervoso periférico compreende todos os nervos, podendo ser dividido em somático e visceral (também chamado de autônomo).

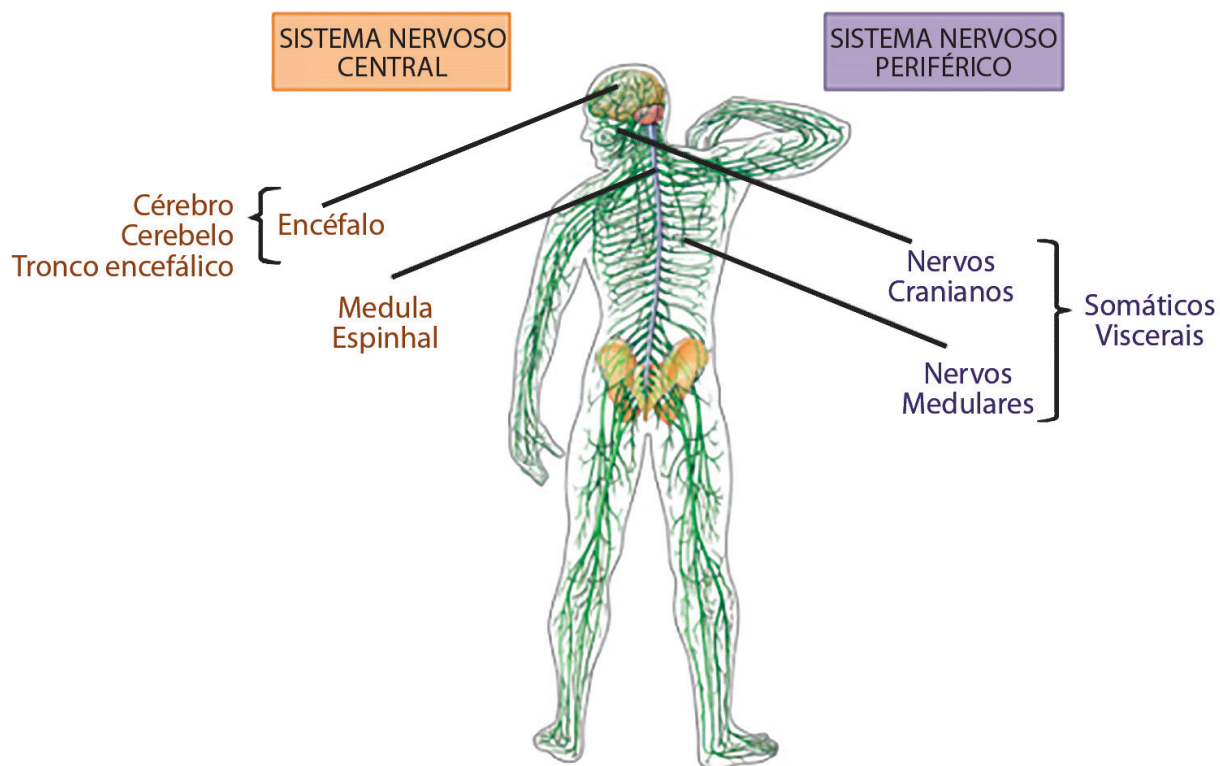


Figura 6: O sistema nervoso pode ser dividido em central e periférico. O primeiro é formado pelo encéfalo e suas subdivisões e pela medula espinhal. Já o sistema nervoso periférico é formado por todos os nervos do corpo, tanto os que se originam da cabeça (cranianos) como os que se originam da medula (medulares). Há ainda uma classificação em relação ao destino desses nervos. Os que vão inervar órgãos são chamados viscerais e os demais, como os que inervam a pele e os músculos, são chamados somáticos.

O sistema nervoso conta com os órgãos sensoriais (como os olhos), que recebem estímulos externos, os quais são enviados para o encéfalo, no sistema nervoso central. O encéfalo recebe as informações, integra-as e elabora uma resposta a elas. Tal resposta é enviada a um outro órgão ou sistema do corpo que a executará.

Por exemplo, você está em uma rua parcialmente escura, sozinho(a), e avista um cão raivoso correndo na sua direção. O que você faz? Provavelmente, vai tomar um susto inicialmente e seu coração baterá acelerado e, depois, ou vai se preparar para a luta ou para a fuga, dependendo do seu instinto maior (e, claro, do tamanho do cachorro)!

Quer saber o que ocorre dentro do seu corpo nesse contexto? Os seus olhos captam a imagem que é levada ao encéfalo, o qual a interpreta como uma ameaça (por isso você toma um susto). Sendo assim, o encéfalo elabora uma resposta para livrá-lo da situação, enviando uma ordem para os seus sistemas cardiovascular e muscular se preparem para a ação.

Tudo isso ocorre em milésimos de segundos e você nem se dá conta. Mas graças a esse exemplo é possível ver que o encéfalo, além de controlar o ambiente interno do organismo em relação ao que acontece no externo, é responsável pelo controle do seu estado emocional, seu raciocínio, imaginação, dentre outros.

Mas pense... Para detectar o cachorro bravo em uma rua parcialmente escura, você não precisa utilizar-se somente da visão. Há outros órgãos, através dos quais você perceberia o perigo ou mesmo outras características do ambiente. Esses são os órgãos dos sentidos.

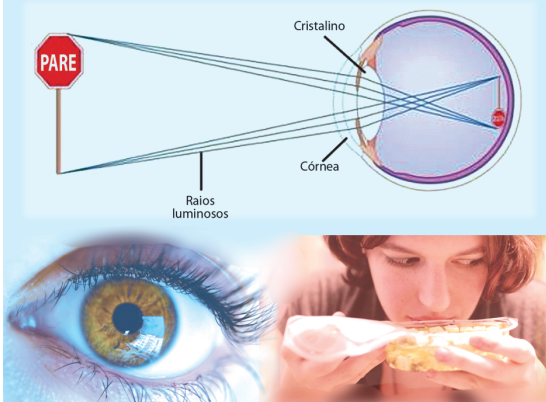
2.1 Os cinco sentidos

Os órgãos responsáveis pelos sentidos são formados por células receptoras que detectam os estímulos originados no ambiente externo e os transformam em impulsos nervosos. Vejamos cada caso na figura 7:

Visão

O sistema visual começa no olho. No fundo do olho, encontra-se a retina, que contém as células especializadas na conversão de energia luminosa (luz) em impulsos elétricos. Essas células são chamadas fotorreceptores. O restante do olho funciona como uma máquina fotográfica, permitindo a mudança de foco quando necessária e garantindo a qualidade da imagem formada na retina.

O olho coleta raios de luz emitidos ou refletidos por objetos no ambiente e os localiza sobre a retina para formar imagens, que inicialmente está de cabeça para baixo. O encéfalo é o responsável por receber essa informação e inverter a imagem para que possamos enxergá-la da forma como correta. Já a focalização dos objetos é função da córnea e do cristalino.



Olfato e Paladar

O olfato e o paladar (ou gustação) possuem uma característica em comum: ambos os sentidos detectam substâncias químicas presentes no ambiente. E essa detecção, no caso do olfato, é feita pelo epitélio olfativo, que se encontra na cavidade nasal. Quanto maior a área de superfície desse epitélio, melhor é o senso olfativo de um animal. Ele é constituído por três tipos celulares:

- de suporte (dão sustentação ao tecido e ajudam na produção de muco);
- basais (dão origem às células receptoras olfativas);
- receptoras olfativas (responsáveis pelo reconhecimento dos cheiros e pela transformação do sinal químico em impulso elétrico).

Já o principal órgão gustativo é a língua. Ela possui estruturas especializadas, chamadas papilas, onde se encontram as células receptoras gustativas (CRG). Estas são as responsáveis por detectar os cinco sabores básicos: salgado, azedo (ou ácido), doce, amargo e umami.

Mas como a partir apenas desses cinco sabores básicos podemos perceber os incontáveis sabores dos alimentos?

Primeiro, cada alimento ativa uma combinação diferente dos sabores básicos, tornando-o único. Segundo, muitos alimentos têm como sabor o resultado da soma de seu sabor e aroma, percebidos simultaneamente. Terceiro, outros sentidos podem contribuir para uma experiência gustativa única, como o tato, que acrescenta à noção de sabor informações sobre textura e temperatura. É, então, somente quando os três sentidos (olfato, paladar e tato) são utilizados em conjunto que o SNC percebe o sabor dos alimentos.

Tato

A sensação tátil começa na pele, que é o órgão que nos fornece contato direto com o mundo, compreendendo o maior órgão sensorial do corpo. Os dois tipos principais de pele são chamadas pilosa (possui pelos) e glabra (não possui pelos), como, por exemplo, o dorso e a palma de sua mão, respectivamente.

O corpo é sensível a uma variedade de estímulos: à pressão, à vibração, à mudança de temperaturas, entre outros. Quando os estímulos são tão intensos que podem causar danos, sentimos dor. Todas essas sensações são pelos diferentes receptores sensoriais táteis, distribuídos por toda a superfície do corpo. Eles são terminações de neurônios, que transformam o estímulo em impulso nervoso.



Audição

Mesmo quando não podemos ver uma pessoa, frequentemente podemos detectar sua presença, identificar de onde ela está vindo e até mesmo receber uma mensagem sua. Como isso é possível?

Isso é graças ao sistema auditivo, que nos permite detectar e localizar um som, além de interpretar mudanças nele, podendo distinguir quem ou o que o produziu.

O sistema auditivo é dividido em três porções, de acordo com suas localizações:

- orelha externa, composta pelo pavilhão auditivo e canal auditivo;
- orelha média, composta pelo tímpano e os ossículos responsáveis por transmitir a vibração gerada pelo som no tímpano às células receptoras auditivas;
- orelha interna, composta pela cóclea, a qual contém as células receptoras auditivas.

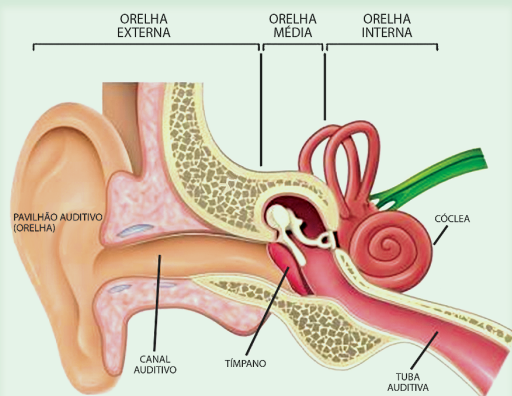


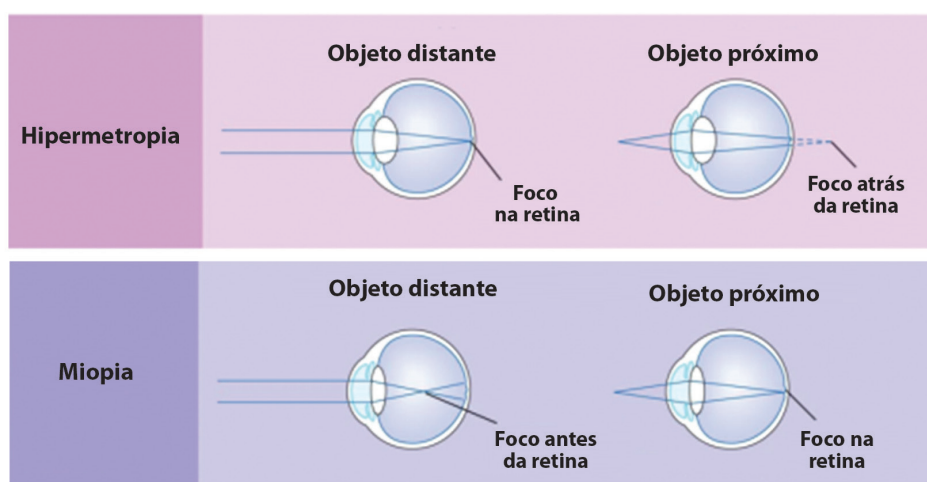
Figura 7: Como trabalham os cinco sentidos?

Saiba Mais

Defeitos da visão

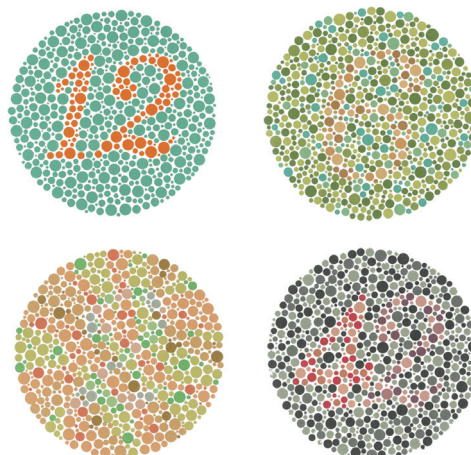
Para que a imagem se forme corretamente, o globo ocular possui um tamanho ideal. No entanto, quando ele apresenta um diâmetro menor do que o normal, os raios luminosos são focalizados em algum ponto atrás da retina, e a imagem sobre a retina é um círculo borrado. Essa condição é conhecida como **hipermetropia**, pois o olho pode focalizar objetos distantes, mas não objetos mais próximos.

Quando o contrário acontece, o diâmetro ocular é maior do que o normal, os raios luminosos são focalizados para um ponto antes da retina, formando novamente um círculo borrado sobre esta. Essa condição é conhecida como **miopia**, pois o olho pode focalizar objetos próximos, mas não objetos distantes. As figuras a seguir ilustram essas duas condições.



Saiba Mais

Outra doença que afeta a visão é o daltonismo, uma doença hereditária, resultado da ausência de células que promovem a visão em cores. As anormalidades mais comuns envolvem a visão das cores vermelha e verde e são muito mais frequentes em homens do que em mulheres. As figuras a seguir são utilizadas por oftalmologistas em testes para detectar a ocorrência de daltonismo; se você não conseguir enxergar o número dentro de cada esfera, você apresentará determinado grau de daltonismo.

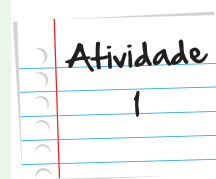


O mundo que nos cerca

Relacione os itens das duas colunas:

Visão	() Papilas gustativas
Olfato	() Retina
Paladar	() Toque, pressão e temperatura
Tato	() Cóclea
Audição	() Epitélio olfativo

Anote suas
respostas em
seu caderno



Seção 4

Doenças do Sistema Nervoso

Como você viu nas seções anteriores, o sistema nervoso nos permite interagir, descobrir e desfrutar o ambiente ao nosso redor. No entanto, há condições patológicas que podem atingir o sistema nervoso central e comprometer as capacidades mentais e físicas de uma pessoa. Um desses males é a dependência química.

A dependência química é causada pelo uso excessivo de substâncias psicoativas, as chamadas **drogas**, tanto legais, como o álcool, quanto ilegais, por exemplo, a cocaína e o crack. As drogas não só matam os neurônios do usuário, como têm efeito em diversas outras células e órgãos do corpo.

Um problema de os neurônios morrerem é que, diferente das células da sua pele, eles não serão repostos por divisão celular. Os neurônios são células altamente especializadas. Quanto mais especializada uma célula é, menos ela é capaz de se dividir. No caso dos neurônios, durante muito tempo se acreditou que eles não fossem capazes de se dividir. Alguns estudos com cobaias mostraram que em dada região do encéfalo é possível encontrar sinais de que houve divisão celular de neurônios adultos, mas ainda assim, em baixíssima taxa. Assim, a perda de neurônios por causa do uso de drogas, por exemplo, é irreparável.

Outras causas de degenerações do sistema nervoso podem ter origens desconhecidas ou infecciosas. Nesta seção, você vai conhecer algumas doenças que acometem o sistema nervoso central e alteram nossas capacidades mentais e motoras.

4.1. Doença de Parkinson

A doença ou mal de Parkinson é um transtorno neurológico que geralmente atinge pessoas idosas e evolui progressivamente. Sua característica é a degeneração (morte) de neurônios de uma região específica do sistema nervoso central, chamada substância nigra.

Sua causa ainda é desconhecida, mas seus sintomas são claros, caracterizados por três estágios visíveis. No primeiro estágio, surgem tremores e dificuldade de movimento nos membros superiores. A pessoa fica impossibilitada de realizar pequenas tarefas que exijam precisão manual, como beber água em um copo. A degeneração avança e desencadeia o segundo estágio, atingindo os membros inferiores. Essa fase se caracteriza pela dificuldade de locomoção. O terceiro estágio afeta a cabeça e o pescoço, dificultando o movimento dos músculos, podendo levar a uma postura rígida e inexpressiva.

O uso de medicamentos específicos depende muito da fase em que se encontra a doença, mas geralmente o tratamento retarda a doença ou pelo menos minimiza seus sintomas.

4.2 Doença de Alzheimer

A doença ou mal de Alzheimer é um transtorno neurológico degenerativo, que leva à perda de tecido nervoso. Tal perda é amplamente distribuída pelo sistema nervoso central, caracterizada pela demência.

A pessoa doente apresenta perda de memória recente, embora a capacidade de recordar acontecimentos do passado seja preservada. Alterações de fala e escrita, desorientação de tempo e espaço e perda da capacidade intelectual também são observadas. Não existe tratamento eficaz para a doença, mas alguns medicamentos são utilizados para tratar os sintomas, como agitação, agressividade, depressão, entre outros.

2.3 Poliomielite

A poliomielite ou “paralisia infantil” é uma doença infectocontagiosa viral aguda, causada por um vírus denominado poliovírus. O modo de aquisição do poliovírus é através da boca, por transmissão fecal-oral ou, raramente, oral-oral.

A multiplicação desse vírus começa na garganta ou nos intestinos, locais por onde o vírus penetrou no organismo. A partir desses locais, o vírus alcança a corrente sanguínea e pode atingir o encéfalo. Quando a infecção ataca o sistema nervoso, destrói os neurônios motores, acometendo, em geral, os membros inferiores. Os sintomas iniciais são flacidez muscular, com sensibilidade conservada, e **arreflexia** no membro atingido; com o avançar da doença, o membro pode se tornar inativo. Ela pode ser fatal se as células dos centros nervosos que controlam os músculos respiratórios e da deglutição forem infectadas.

Arreflexia

ausência de reflexos.

A boa notícia é que, no Brasil, esta doença encontra-se **erradicada** desde o início dos anos 1990. Isso foi graças às medidas de prevenção contra doenças transmitidas por contaminação fecal de água e alimentos. Nisso, incluem-se: a utilização de água clorada ou fervida; o consumo de alimentos cozidos e cuidados com a higienização das mãos antes das refeições.

Erradicada

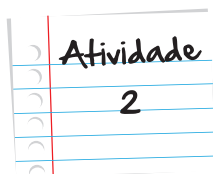
Exterminada, eliminada em uma região, país, etc.

Além dessas medidas higiênico-sanitárias, houve constantes campanhas de vacinação infantil. Nessas, as crianças se imunizavam com a famosa gotinha. Com a imunização, o organismo fica protegido do ataque do vírus, caso entre em contato com ele (você entenderá este mecanismo daqui a pouco, na parte de sistema imune).



Figura 8: As campanhas de vacinação da população infantil, promovidas pelo Sistema Único de Saúde (SUS), foram peças-chave na erradicação da poliomielite em nosso país. O personagem Zé Gotinha foi um grande parceiro das campanhas.

Falando em imunização, está curioso para compreender como e por que ela acontece? Então vamos estudar o sistema imunológico, o grande responsável pela proteção do nosso corpo!

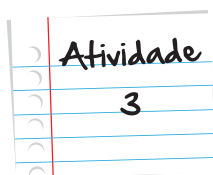


Reconhecendo os sintomas

Dentre as afirmativas, identifique as verdadeiras (V) e falsas (F), justificando sua resposta em ambas as situações.

- () A pessoa portadora da doença de Parkinson apresenta perda da memória recente, dificuldades na aprendizagem de novas coisas e não é capaz de reconhecer mais as pessoas ao seu redor.
- () A pessoa portadora da doença de Alzheimer apresenta tremores nos braços e pernas, rosto inexpressivo e repetição de movimentos.
- () As doenças de Parkinson e Alzheimer são caracterizadas pela morte de neurônios do sistema nervoso central.

Anote suas respostas em seu caderno



A luta contra a poliomielite

Imagine que você vive em um país em que a poliomielite ainda não foi erradicada e que não possui amplas campanhas de vacinação contra esta doença. Que medidas de precaução você deve tomar para não ficar doente?

Anote suas respostas em seu caderno

SEÇÃO 5

Sistema Imunológico

Você já parou para pensar que estamos cercados por milhões de microrganismos, como bactérias, vírus e fungos?! E muitos desses são potencialmente patogênicos, ou seja, podem causar doenças. Mas por que, então, não ficamos doentes o tempo todo?

Bem, isso acontece graças ao sistema imunológico (ou imune), que nos provém defesa notavelmente eficaz.

Nesta seção, você vai conhecer os principais componentes do sistema imune e suas estratégias de defesa. Você vai aprender também sobre a malária, uma doença infecciosa que ataca as hemácias.

5.1. Componentes do Sistema Imunológico

As células do sistema imune (SI) originam-se na medula óssea, onde muitas delas também amadurecem.

Essas células, quando maduras, migram para proteger os tecidos periféricos, circulando pelo sangue, por um sistema especializado de vasos, chamado linfático e, algumas vezes, se infiltrando em alguns tecidos do corpo. A **tabela 1** relaciona as células do sistema imune e suas funções na defesa do organismo.

Tabela 1: As células do sistema imune e suas funções.

CÉLULA	FUNÇÃO QUANDO ATIVADA
Macrófago	Fagocita bactérias e ativa mecanismos que as matam
Célula dendrítica	Capta antígenos no local da infecção e os apresenta para as células T e B nos linfonodos
Neutrófilo	Fagocita bactérias e ativa mecanismos que as matam
Eosinófilo	Mata parasitas revestidos por anticorpos
Basófilo	Participa de reações alérgicas
Mastócito	Libera grânulos contendo substâncias que vão recrutar mais células de defesa
Linfócito B	Diferencia-se em plasmócito, célula responsável pela produção de proteínas (anticorpos) de ataque a substâncias e agentes invasores
Linfócito T	Possui dois subtipos: matam células infectadas com vírus quando citotóxicos (subtipo CD8 ⁺); ativam células B e macrófagos quando auxiliares (subtipo CD4 ⁺)

Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello.

Os órgãos linfoides são tecidos organizados que contêm um grande número de linfócitos e células não linfoides (como as células epiteliais, por exemplo). Nestes órgãos, as interações entre os linfócitos e as células não linfoides são importantes tanto para o desenvolvimento dos linfócitos como para a iniciação de respostas imunes, e para a manutenção dos próprios linfócitos.

Os órgãos linfoides podem ser divididos em órgãos linfoides centrais (ou primários), onde os linfócitos são gerados; e órgãos linfoides periféricos (ou secundários), onde são iniciadas as respostas imunes e onde os linfócitos são mantidos. Os órgãos linfoides centrais são a medula óssea e o timo; os demais são o baço, os linfonodos (ou gânglios linfático), as placas de Peyer no intestino, entre outros (figura 9).

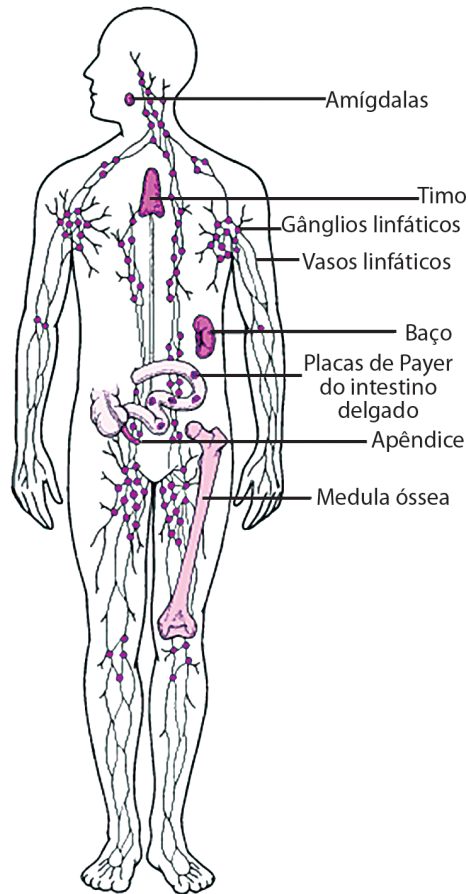


Figura 9: A distribuição dos órgãos linfoides no corpo. Linfócitos se diferenciam nos órgãos linfoides centrais: as células B, na própria medula óssea, e as células T, no timo. Eles migram a partir desses tecidos e são transportados na corrente sanguínea para os órgãos linfoides periféricos: os gânglios linfáticos, o baço e tecidos linfoides associados às mucosas, como as amígdalas, as placas de Peyer no intestino e o apêndice.

Até agora você conheceu os principais componentes do sistema imune, suas funções e onde podemos encontrá-los. Mas como funciona a dinâmica das respostas imunes?

5.2 Imunidade Inata e Adaptativa

A primeira barreira que microrganismos patogênicos, tais como vírus, fungos e bactérias, têm de enfrentar e vencer para causar doenças são as barreiras físicas do próprio organismo, como a pele, as mucosas e secreções, como a saliva. Essas são consideradas a primeira linha de defesa (ou combate) do corpo.

Se elas forem vencidas, entra em ação a segunda linha de combate, composta pelas células da imunidade inata, tais como macrófagos e neutrófilos. Os macrófagos e os neutrófilos, como apresentado na tabela 1, são células que realizam fagocitose de elementos que reconhecem como estranhos para o organismo. Os macrófagos são encontrados em tecidos e os neutrófilos circulam na corrente sanguínea.

Além da defesa inata, temos também um outro mecanismo para proteger nosso corpo de **antígenos**: a imunidade adaptativa. Na imunidade adaptativa, o nosso corpo desenvolve moléculas que são capazes de reconhecer especificamente aquele antígeno que está atacando nosso organismo. Essas moléculas são os anticorpos.

Antígeno

É qualquer molécula ou partícula estranha ao nosso corpo que seja capaz de desencadear uma resposta imunológica na forma de produção de anticorpos.

Uma resposta imune específica, tal como a produção de anticorpos contra o vírus da dengue ou da gripe, por exemplo, é conhecida como uma resposta imune adaptativa. Isso porque ela se dá durante a vida de um indivíduo como uma adaptação à infecção contra aquele patógeno. Em muitos casos, uma resposta imune adaptativa confere imunidade protetora por toda a vida à reinfecção pelo mesmo patógeno.

As respostas imunes adaptativas, no entanto, são de desenvolvimento lento. Assim, durante as primeiras e críticas horas ou dias dessa exposição, a imunidade inata entra em ação contra os microrganismos invasores. Isso porque tanto as barreiras físicas como as células de defesa estão imediatamente disponíveis para combatê-los e não dependem de reconhecimento específico para agir.

Além do contato direto com os agentes causadores de doenças, outra forma de ativar respostas imunes específicas, ou seja, de estimular o organismo a produzir anticorpos, é a vacinação. As vacinas podem ser fabricadas a partir do patógeno morto, vivo atenuado (incapaz de causar doença) ou apenas proteínas do mesmo.

Vamos entender melhor. Quando uma pessoa toma uma vacina, entra em contato com antígenos que disparam a produção de anticorpos no corpo. Só que, no caso da vacina, esses antígenos não fazem mal à pessoa. A vantagem é que, se algum dia ela entrar em contato com o microorganismo causador da doença de fato, ela já terá anticorpos para se defender dele. É a chamada memória imunológica, que “lembra” de antígenos com os quais já teve contato e protege o organismo deles.

É por isso que as vacinas são ferramentas importantes no combate e erradicação de muitas doenças, como a poliomielite, a gripe, entre outras.

Na **Tabela 2**, você vai encontrar os principais componentes dos sistemas imunes adaptativo e inato.

Tabela 2: Principais componentes da imunidade inata e adaptativa.

IMUNIDADE INATA		IMUNIDADE ADAPTATIVA
1ª Linha de combate	2ª Linha de combate	3ª Linha de combate
Barreiras naturais	Componentes	Componentes
Pele íntegra	Macrófagos	Linfócitos T ativados
Mucosas do nariz, traqueia etc.	Neutrófilos	Linfócitos B e plasmócitos
Secreções	Mastócitos	Anticorpos
	Células dendríticas	

Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello.

Mas, muitas vezes, os mecanismos que regulam a ativação das células de defesa falham e o sistema imunológico passa a reconhecer as células do próprio organismo como agentes invasores.

Contribuindo para a saúde!

Imagine que sua vizinha, que tem um bebê de poucos meses, tenha comentado com você que acha que não vai vacinar a criança porque não acredita que aquelas gotinhas façam diferença e não quer também que ninguém espete seu filho com uma agulha.

Mencionando o funcionamento do sistema imune (imunidade inata e adaptativa), como você explicaria para ela a importância da vacinação?

Anote suas respostas em seu caderno

5.3 Problemas com o sistema imune

Por causas genéticas outras que os cientistas e médicos não conseguiram mapear ainda, há doenças que são causadas pelo ataque do sistema imune ao próprio organismo. É como se, por alguma “desregulagem”, o nosso sistema passasse a reconhecer moléculas do nosso corpo como antígenos. O resultado disso é que o nosso corpo se autoataca e o nome que se dá a esse grupo de doenças é autoimune.

A esclerose múltipla (EM) é uma doença autoimune, cujo fator desencadeador ainda não foi comprovado. Esta doença é causada pela perda da mielina dos axônios de neurônios do sistema nervoso central, o que prejudica a condução do impulso nervoso, como vimos na primeira parte desta unidade.

Em geral, a doença acomete pessoas jovens, entre 20 e 30 anos, sendo caracterizada por distúrbios tanto sensoriais quanto motores. Por exemplo: fraqueza, falta de coordenação, dificuldades na visão, audição e de fala; estes sintomas aparecem e desaparecem várias vezes ao longo do curso da doença e são muito variados, dificultando o diagnóstico.

Outro quadro que envolve o sistema imunológico é o das alergias.

Alergia é uma hipersensibilidade a uma determinada coisa que não seria nociva ao nosso organismo normalmente. Dizemos “coisa” porque a alergia pode ser a elementos diversos: poeira, pelos de cachorro e gato, alguma molécula em alimentos específicos etc. Isso que nos causa a alergia é chamado de alérgeno.

Desenvolve-se pela fabricação de anticorpos no nosso corpo contra esse alérgeno, e seus sintomas podem ser vermelhidão da pele, coceira, espirros, olhos lacrimejantes ou, em casos mais graves, edemas de glote (que fecham a nossa garganta dificultando a respiração) e anafilaxia (em que o coração tem seu funcionamento alterado, a pressão arterial baixa muito e o indivíduo pode entrar em choque).

Não há maneiras de se evitar uma alergia. Ao tê-la, o que se deve fazer é evitar o contato com os alérgenos e, em caso de crise, procurar um médico para que ele receite um antialérgico.

Por fim, nesta unidade, você conheceu os principais componentes dos sistemas nervoso e imunológico, aprendeu como percebemos e interagimos com o mundo ao nosso redor e por que não ficamos doentes o tempo todo, e entendeu o que acontece quando o equilíbrio desses sistemas é alterado. Dando continuidade à construção do seu conhecimento sobre o funcionamento do corpo humano, na próxima unidade, apresentaremos os sistemas responsáveis pela excreção e pela reprodução dos seres humanos.

Resumo

- Os neurônios são as unidades funcionais do sistema nervoso. Eles são responsáveis por conduzir informações na forma de impulsos nervosos.
- O impulso nervoso é, na verdade, um impulso elétrico, desencadeado pela diferença de cargas entre a parte interna e externa da membrana de um neurônio. A despolarização e repolarização das membranas é que permite a condução do impulso nervoso.

- A despolarização e a repolarização da membrana de um neurônio só se propaga se o estímulo for suficientemente forte para desencadear essa onda. É a lei do tudo ou nada.
- Há outras células no sistema nervoso central, chamadas células da glia. Um dos tipos de células da glia forma uma bainha de mielina em torno do axônio de um neurônio, formando um isolamento elétrico que contribui para a segurança e velocidade da propagação do impulso elétrico.
- O sentido de transmissão do impulso nervoso é sempre dos dendritos para o corpo celular e para os axônios. Pelas extremidades dos axônios, são liberados neurotransmissores na fenda sináptica, que são captados pelos dendritos do neurônio seguinte. A propagação do impulso nervoso, então, tem momentos de energia elétrica (des e repolarização da membrana) e momentos de energia química (neurotransmissores), que se interconvertem o tempo todo.
- Olfato, paladar, visão, audição e tato são os cinco sentidos que permitem a nossa interação com o mundo ao nosso redor.
- Cada sentido possui órgãos e células receptoras próprias e sensíveis a diferentes tipos de estímulos, como odores, sons, toque etc.
- Doenças no SNC podem ter diversas causas, mas independente da causa o efeito é o mesmo, a morte de neurônios e a perda das capacidades intelectuais e/ ou motoras.
- As doenças de Parkinson e de Alzheimer não possuem causas conhecidas, mas a poliomielite é causada por uma infecção viral.
- As células do sistema imune atuam como importante exército de defesa do organismo contra microrganismos infecciosos.
- Os órgãos linfoides centrais – medula óssea e timo – são essenciais para a geração e amadurecimento das células imunes, enquanto os órgãos periféricos – baço, linfonodos etc. – são fundamentais para a ativação dessas células.
- A primeira linha de defesa do organismo consiste de barreiras naturais, como a pele íntegra e secreções, que visam reduzir significativamente a entrada de antígenos no nosso organismo
- A segunda linha de defesa é a imunidade inata, que se caracteriza pela atuação de células como os macrófagos e os neutrófilos, que fagocitam os antígenos que reconhecem.

- A imunidade adaptativa é responsável pelo reconhecimento específico de antígenos, por meio dos anticorpos que nosso corpo produz contra eles. É uma resposta mais lenta que a imunidade inata, mas é também mais permanente: quando nosso corpo “aprende” um determinado antígeno, cria uma memória imunológica sobre ele, sendo capaz de reagir mais rápido em um outro quadro de infecção.
- As vacinas funcionam levando em consideração esse princípio da memória imunológica. Na vacinação, somos inoculados com um antígeno atenuado, morto ou com parte dele, de forma que nosso corpo conheça aquele antígeno para poder se defender mais eficazmente em caso de uma infecção real.
- Há casos em que o sistema imunológico começa a reconhecer moléculas do próprio organismo como antígenos e a atacá-las. Esse é o quadro que caracteriza as doenças autoimunes.
- Um exemplo de doença autoimune é a esclerose múltipla, em que a bainha de mielina é atacada pelo sistema imune, prejudicando a transmissão do impulso nervoso.
- Outra doença relacionada ao sistema imunológico é a alergia, em que nosso corpo desenvolve uma hipersensibilidade a elementos a que, normalmente, não detectaria, como a poeira, pelo de animais ou algo que comemos.

Veja ainda...

- Um site da Universidade Federal de São Paulo que fala sobre drogas: <http://www.cebrid.epm.br/index.php>

Referências

- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1216p.
- FLINT, S.J.; ENQUIST, L.W.; KRUG, R.M.; RACANIELLO, V.R.; SKALKKA, A.M. **Principles of virology: molecular biology, pathogenesis, and control**. Washington: American Society for Microbiology Press. 2000. 804p.
- Rey, L. **Bases da parasitologia médica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 379p.
- ABBAS, A.K.; LICHTMAN, A.H.; PILLAI, S. **Imunologia celular e molecular**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 570p.
- JANEWAY, C.A.; TRAVERS, P.; WALPORT, M.; SHLOMCHIK, M.J. **O sistema imune na saúde e na doença**. 5ª ed. São Paulo/Porto Alegre: Artmed, 2002. 767p.

- KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSELL, T.M. **Principles of Neural Science**. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2000. 1414p.
- BEAR, M.F.; CONNORS, B.W.; PARADISO, M.A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. 3ª ed. São Paulo: Artmed, 2008. 896p.
- PURVES, DALE *et al.* **Neuroscience**. 3rd edition. Maryland: Sinauer Associates Inc., 2004. 773p.

Imagens



- <http://www.flickr.com/photos/adrianblack/426432159/>



- Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello



- <http://www.flickr.com/photos/trufflepig/2157310864/>



- <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1386149>



- <http://www.sxc.hu/photo/1222929>



- <http://www.sxc.hu/photo/1126902>



- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ishihara_1.PNG



- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ishihara_11.PNG



- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ishihara_19.PNG



- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ishihara_23.PNG



- <http://www.flickr.com/photos/ministeriodasaude/6037799367>



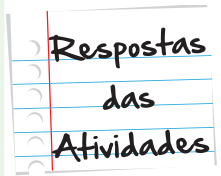
- <http://www.sxc.hu/photo/517386> • David Hartman.

Atividade 1

Ordem da numeração: 3; 1; 4; 5; 2.

Atividade 2

(F) Uma pessoa portadora da doença de Parkinson apresenta tremores nos braços e pernas, rosto inexpressivo e repetição de movimentos.



(F) Uma pessoa portadora da doença de Alzheimer apresenta perda da memória recente, dificuldades na aprendizagem de novas coisas e não é capaz de reconhecer mais as pessoas ao seu redor.

(V) Verdade, pois são transtornos neurológicos degenerativos.

Atividade 3

Lavar bem as mãos com água e sabão, utilizar somente água tratada para beber e lavar frutas e verduras, comer apenas alimentos bem cozidos e não jogar as fezes no solo ou em locais que possam contaminar a água. Além disso, vacinar a população.

Atividade 4

Nosso corpo tem barreiras naturais para não entrarmos em contato com antígenos que podem nos causar mal. Mas, uma vez que esses antígenos, por um corte ou por qualquer outro motivo, entrem no nosso corpo, o organismo se defende de duas maneiras.

A primeira delas é pela atuação de células do sistema imune chamadas macrófagos e neutrófilos, que fagocitam os antígenos. No entanto, há casos em que, dependendo da infecção, esse tipo de defesa não dá conta de nos proteger do desenvolvimento de um quadro de doença. Entram em cena então as defesas específicas, os anticorpos, que neutralizam de vez os antígenos em um organismo saudável. Só que os anticorpos (defesa adaptativa) demoram um tempo para serem produzidos e, dependendo das características do antígeno, nosso corpo sofre muito com as consequências desta demora.

A vacinação é importante porque coloca nosso corpo em contato com determinados antígenos em uma forma que não são capazes de nos fazer mal mas, ao mesmo tempo, desencadeiam a produção de anticorpos. Assim, se entrarmos em contato com o antígeno “de verdade”, nosso corpo o reconhecerá e reagirá rapidamente. Por isso é tão importante a vacinação.



O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM 2011)

Os sintomas mais sérios da Gripe A, causada pelo vírus H1N1, foram apresentados por pessoas mais idosas e por gestantes. O motivo aparente é a menor imunidade desses grupos contra o vírus. Para aumentar a imunidade populacional relativa ao vírus da Gripe A, o governo brasileiro distribuiu vacinas para os grupos mais suscetíveis.

A vacina contra H1N1, assim como qualquer outra contra agentes causadores de doenças infectocontagiosas, aumenta a imunidade das pessoas porque

- A. Possui anticorpos contra o agente causador da doença.
- B. Possui proteínas que eliminam o agente causador da doença.
- C. Estimula a produção de glóbulos vermelhos pela medula óssea.
- D. Possui linfócitos B e T que neutralizam o agente causador da doença.
- E. Estimula a produção de anticorpos contra o agente causador da doença.

Questão 2 (ENEM 2009)

Para que todos os órgãos do corpo humano funcionem em boas condições, é necessário que a temperatura do corpo fique sempre entre 36 °C e 37 °C. Para manter-se dentro dessa faixa, em dias de muito calor ou durante intensos exercícios físicos, uma série de mecanismos fisiológicos é acionada. Pode-se citar como o principal responsável pela manutenção da temperatura corporal humana o sistema

- A. digestório, pois produz enzimas que atuam na quebra de alimentos calóricos.
- B. imunológico, pois suas células agem no sangue, diminuindo a condução do calor.

- C. nervoso, pois promove a sudorese, que permite perda de calor por meio da evaporação da água.
- D. reprodutor, pois secreta hormônios que alteram a temperatura, principalmente durante a menopausa.
- E. endócrino, pois fabrica anticorpos que, por sua vez, atuam na variação do diâmetro dos vasos periféricos.

Respostas Esperadas

1.

Gabarito: Letra E.

Comentário: As vacinas são ferramentas importantes no combate a diversos agentes patogênicos, pois mimetizam a infecção, estimulando o organismo a produzir anticorpos.

2.

Gabarito: Letra C.

Comentário: O sistema nervoso é responsável por controlar todas as funções do organismo e assim manter o equilíbrio do mesmo.





Atividade extra

Sistemas Nervoso e Imunológico

Exercício 1 – Cecierj – 2013

O sistema visual começa no olho. No fundo do olho encontra-se a retina que contém as células especializadas na conversão de energia luminosa em impulsos elétricos. Entre as várias doenças que afetam a visão, existe uma que é hereditária e que afeta aos portadores distinguir as cores vermelho e o verde.

Tal doença é chamada de

- a. hipermetropia.
- b. estigmatismo.
- c. daltonismo.
- d. miopia.

Exercício 2 – Cecierj – 2013

A poliomielite é uma doença causada por um vírus que infecta o sistema nervoso, destruindo os neurônios motores, acometendo em geral os membros inferiores. Os sintomas são flacidez muscular e arreflexia no membro atingido deixando-o inativo.

O sintoma arreflexia é a

- a. contração involuntária.
- b. sensação de arrepios.

- c. falta de musculatura.
- d. ausência de reflexos.

Exercício 3 – Cecierj – 2013

O sistema nervoso também possui células responsáveis por dar suporte às funções neuronais, ou seja, sustentar e nutrir os neurônios.

Essas células são chamadas de

- a. vesículas sinápticas.
- b. bainha de mielina.
- c. neurotransmissor.
- d. neuroglia.

Exercício 4 – Cecierj – 2013

A esclerose múltipla (EM) é uma doença causada pela perda da bainha de mielina dos axônios de neurônios.

Esses neurônios afetados estão localizados no sistema nervoso

- a. central.
- b. mediano.
- c. periférico.
- d. localizado.

Exercício 5 – Cecierj – 2013

A malária é uma doença causada por protozoários do gênero Plasmodium.

Qual é o vetor desta doença?

Gabarito

Exercício 1 – Cecierj – 2013

A B C D
☐ ☐ ☒ ☐

Exercício 2 – Cecierj – 2013

A B C D
☐ ☐ ☐ ☒

Exercício 3 – Cecierj – 2013

A B C D
☐ ☐ ☐ ☒

Exercício 4 – Cecierj – 2013

A B C D
☒ ☐ ☐ ☐

Exercício 5 – Cecierj – 2013

Os mosquitos do gênero Anófeles.

