



O sistema nervoso controla a atividade dos músculos voluntários do corpo humano.

BIOLOGIA

Estruturas e funções celulares - Módulos

- 45 – A excreção humana**
- 46 – O ciclo da ornitina e a osmorregulação em peixes**
- 47 – O sistema muscular**
- 48 – A fisiologia muscular**
- 49 – O sistema nervoso**
- 50 – A origem e a propagação do impulso nervoso**
- 51 – O ato reflexo**
- 52 – Divisão do sistema nervoso**
- 53 – O sistema endócrino**
- 54 – Os métodos anticoncepcionais**
- 55 – Glândula tireóidea e glândulas paratireóideas**
- 56 – Pâncreas e adrenais**

Módulo
45

A excreção humana

Palavras-chave:

- Rim • Néfron
- Urina

1. Excreção nos mamíferos

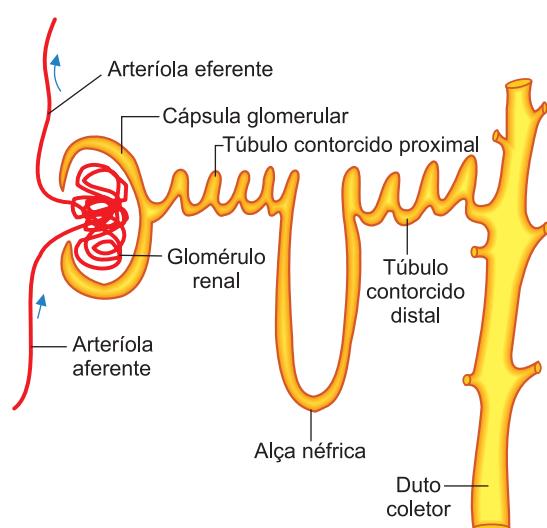
Nos animais mais evoluídos, a excreção ocorre por meio de diversos órgãos. No homem, por exemplo, os rins formam a urina, que é uma solução de excretas nitrogenadas em água; a pele excreta o suor, que é, também, um produto de excreção; o fígado elimina a bile, fluido que contém excretas, os pigmentos biliares; os pulmões excretam água e dióxido de carbono.

O rim

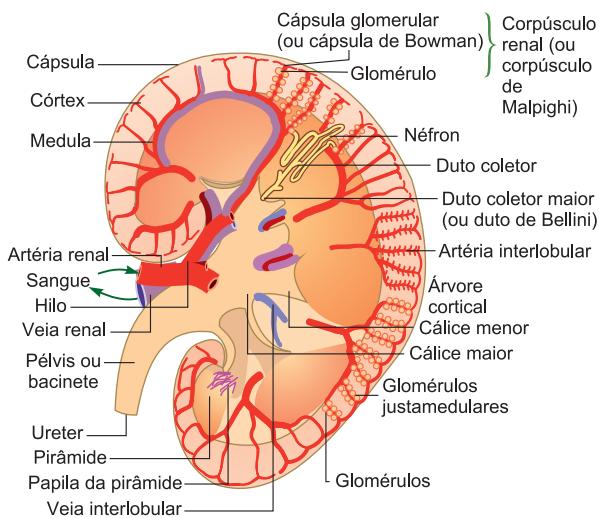
A unidade morfológica e funcional do rim é chamada **néfron**. Cada rim apresenta cerca de 1 milhão de néfrons.

O néfron é constituído pela arteriola aferente, glomérulo renal (glomérulo de Malpighi), arteriola eferente, cápsula glomerular (cápsula de Bowman), túbulos contornados proximal, alça néfrica (alça de Henle) e túbulos contornados distal. Os túbulos distais de vários néfrons desembocam em ductos coletores. Os vários coletores desembocam na pelve do rim. Da pelve partem para o ureter, que se dirige para a bexiga urinária. A urina é formada continuamente no rim e acumulada na bexiga urinária.

A formação da urina, que ocorre nos néfrons, deve-se aos processos: **filtração glomerular, reabsorção e secreção tubular**.



O néfron (unidade funcional do rim).



Rim completo.

Filtração glomerular

Ocorre na cápsula glomerular: o sangue que chega aos capilares sanguíneos do glomérulo pela arteriola aferente é forçado pela pressão sanguínea contra as paredes do capilar e da cápsula (paredes semipermeáveis), e, desse modo, uma parte do plasma sanguíneo extravasa, ou seja, é filtrada para o interior da cápsula.

O líquido filtrado tem composição química semelhante à do plasma sanguíneo, diferindo deste pela ausência de proteínas.

A pressão de filtração pode ser obtida da seguinte maneira:

$$PF = PS - (PO + PC)$$

Em que:

PF = pressão de filtração.

PS = pressão hidrostática do sangue nos capilares.

PO = pressão osmótica das proteínas do plasma (pressão oncótica).

PC = pressão hidrostática da cápsula glomerular.

Reabsorção renal

O filtrado capsular formado na cápsula glomerular flui ao longo do túbulo renal (túbulo contornado proximal, alça néfrica e túbulo contornado distal) e atinge o ducto coletor. Nesse trajeto, a maior parte da água e das substâncias nela dissolvidas é reabsorvida pelos capilares sanguíneos; o restante do filtrado irá constituir a urina.

Nos dois rins do homem são produzidos, por minuto, cerca de 130 cm^3 de filtrado capsular; porém, esse fluido

modifica-se bastante à medida que flui ao longo dos túbulos renais até atingir o ureter. Já a produção de urina é de cerca de 1 cm^3 por minuto; portanto, mais de 99% do filtrado é **reabsorvido** à medida que percorre os túbulos renais e os ductos coletores.

Muitas substâncias componentes do filtrado capsular são necessárias ao organismo e não podem ser perdidas com a urina (como água, sais, substâncias alimentares etc.). Essas substâncias são transportadas do interior do túbulo para o interior dos capilares peritubulares e contra um gradiente de concentração, isto é, de uma região de menor concentração (interior do túbulo) para uma região de maior concentração (interior do capilar sanguíneo). Esse transporte, através das células dos túbulos renais (reabsorção), é feito por meio do mecanismo de transporte ativo.

A reabsorção ativa dos citados solutos, pelos túbulos proximais, é acompanhada de uma **reabsorção passiva** do seu solvente – a água. Esse mecanismo, denominado **reabsorção obrigatória**, é decorrente da necessidade de se manter o equilíbrio osmótico nessa região do néfron.

O mecanismo de reabsorção ao longo da alça néfrica acontece da seguinte maneira: o ramo ascendente é impermeável à água, porém reabsorve sódio; dessa maneira, o fluido tubular torna-se menos concentrado ao chegar ao túbulo contornado distal e ao ducto coletor.

A permeabilidade à água das paredes do túbulo distal e do ducto coletor é variável. Assim, nessas porções, a reabsorção da água é controlada pelo hormônio antiidiurético (**ADH**).

O ADH faz aumentar a permeabilidade da membrana, levando a uma maior reabsorção de água. Na ausência do ADH, a membrana torna-se impermeável à água, que, então, é eliminada na urina. Essa absorção de água controlada pelo ADH é denominada **reabsorção facultativa**, porque depende somente das necessidades hídricas do organismo e não tem relação com a concentração dos solutos do fluido tubular.

Secreção tubular

Ao longo do néfron, substâncias indesejáveis podem ser eliminadas pelo sangue, diretamente no fluido do túbulo renal. É o que ocorre, por exemplo, com o antibiótico que o indivíduo doente recebeu. Ele é secretadoativamente na urina em formação.

2. Fator natriurético atrial (FNA)

Adolpho de Bold descobriu um hormônio denominado FNA. Trata-se de um composto químico produzido pelo átrio cardíaco. O FNA promove uma vasodilatação da arteriola aferente e uma vasoconstrição simultânea da arteriola eferente, aumentando a pressão glomerular, o volume de urina produzida e contribuindo para a diminuição da pressão sanguínea.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – O número de pessoas em diálise subiu 84% em 8 anos. Na diálise, o sangue é retirado por uma agulha injetada na fístula (ligação entre uma veia do braço e uma artéria para aumentar o fluxo de sangue), onde o sangue passa por um cilindro cheio de capilares (tubos muito finos com microporos), pelos quais acontece a filtração para retirar as impurezas.

(Folha de S. Paulo, 20.2.2009. Adaptado)

Os pacientes são submetidos à diálise em razão do mau funcionamento

- a) dos néfrons.
- b) das ilhas pancreáticas
- c) dos vasos coronários.

- d) das fibras cardíacas.
- e) dos alvéolos pulmonares.

Resolução

O sangue é filtrado nos néfrons.

Resposta: A

2 (MODELO ENEM) – Leia as afirmações abaixo sobre o processo de formação da urina nos rins.

- I. Como o sangue circula através dos rins, uma quantidade de plasma passa dos vasos sanguíneos do glomérulo para o interior da cápsula.
- II. Água, eletrólitos, glicose, aminoácidos e outras substâncias necessárias ao organismo retornam da urina para o sangue por transporte passivo e ativo.

III. Algumas substâncias, impossibilitadas de passar dos vasos sanguíneos dos glomérulos para o interior da cápsula, são transportadas do sangue para o interior dos túbulos renais.

I, II e III descrevem, respectivamente,

- a) filtração, reabsorção e secreção.
- b) filtração, secreção e reabsorção.
- c) secreção, filtração e reabsorção.
- d) secreção, reabsorção e filtração.
- e) reabsorção, filtração e secreção.

Resolução

Números	Processos
I	Filtração
II	Reabsorção
III	Secreção

Resposta: A

Exercícios Propostos

1 (FUVEST – MODELO ENEM) – Em algumas doenças humanas, o funcionamento dos rins fica comprometido. São consequências diretas do mau funcionamento dos rins:

- a) acúmulo de produtos nitrogenados tóxicos no sangue e elevação da pressão arterial.
- b) redução do nível de insulina e acúmulo de produtos nitrogenados tóxicos no sangue.
- c) não produção de bile e enzimas hidrolíticas importantes na digestão das gorduras.
- d) redução do nível de hormônio antidiurético e elevação do nível de glicose no sangue.
- e) redução do nível de aldosterona, que regula a pressão osmótica do sangue.

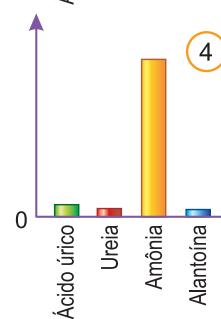
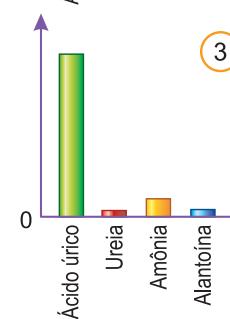
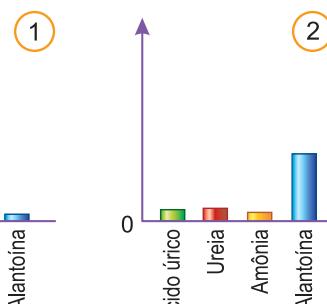
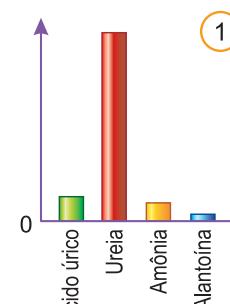
RESOLUÇÃO:

O mau funcionamento dos rins provoca acúmulo de produtos nitrogenados tóxicos e aumento da pressão arterial.

Resposta: A

2 (UNIFESP – MODELO ENEM) – Os répteis se adaptam com facilidade à vida em regiões desérticas. Por excretarem o nitrogênio pela urina incorporado em uma substância pouco solúvel em água, seu volume de urina diário é pequeno e, consequentemente, sua ingestão de água é menor. Esse não é o caso do homem, que excreta o nitrogênio através de um produto muito solúvel em água.

Os gráficos a seguir representam a excreção urinária de produtos nitrogenados. Em cada um deles, no eixo da abscissa, estão indicados os produtos eliminados e, no eixo da ordenada, as respectivas quantidades excretadas em 24 horas.



Os gráficos que correspondem, respectivamente, aos seres humanos e aos répteis são os de números

- a) 1 e 3.
- b) 1 e 4.
- c) 3 e 2.
- d) 4 e 2.
- e) 2 e 4.

RESOLUÇÃO:

Resposta: A

3 (FUND. EDUC. SERRA DOS ÓRGÃOS) –

	W	X	Y	Z
Sais minerais	+	+	+	+
Ureia	+	+	+	-
Glicose	+	+	-	+
Proteínas	-	+	-	+
Água	+	+	+	+
Células	-	+	-	+

A tabela acima ilustra a composição química de líquidos da artéria renal, da veia renal, da bexiga e da cápsula glomerular relacionados ao sistema urinário de uma pessoa saudável. Os sinais (+) e (-) indicam presença ou ausência, respectivamente. Com base nos dados da tabela, é correto afirmar que os líquidos existentes na bexiga e na veia renal estão, respectivamente, apresentados por

- a) $Z \in W$. b) $Z \in X$. c) $Y \in Z$.
d) $Y \in W$. e) $W \in Y$.

RESOLUÇÃO:

Resposta: C

- c) há uma relação diretamente proporcional entre a concentração do hormônio ADH e o volume urinário.
 - d) o aumento do volume urinário influí sobre os rins, inibindo a secreção do hormônio ADH.
 - e) há uma relação inversamente proporcional entre a concentração do hormônio ADH e o volume urinário.

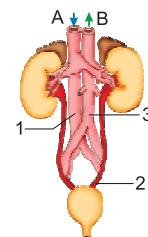
RESOLUÇÃO:

Sob a ação do ADH, a permeabilidade da membrana aumenta e a água é reabsorvida, diminuindo o volume urinário; na ausência do hormônio, a membrana torna-se impermeável à água que, então, é eliminada, aumentando o volume urinário.

Resposta: E

Resumen de la situación en el mundo y en América Latina

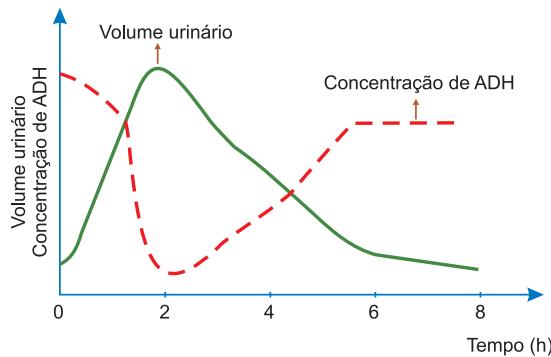
5 (FEI) – O esquema a seguir representa o aparelho excretor humano. As setas A e B indicam o sentido do fluxo sanguíneo. Os números 1, 2 e 3 indicam respectivamente



- a) artéria aorta, ureter e veia cava.
 - b) veia cava, ureter e artéria aorta.
 - c) veia cava, uretra e artéria aorta.
 - d) artéria aorta, uretra e veia cava.
 - e) artéria aorta, uretra e veia.

RESOLUÇÃO:

Resposta: A



A análise do gráfico permite concluir que

- a) o hormônio ADH tem efeito diurético, o que faz aumentar o volume urinário.
 - b) o volume urinário não tem nenhuma relação com a secreção do hormônio ADH.



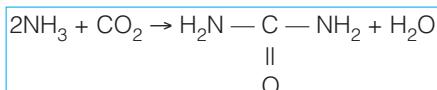
No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em “localizar”, digite **BIO2M401**.

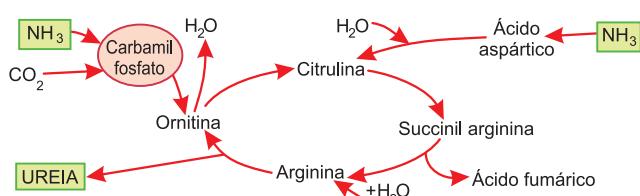
- Ornitina • Ureogênese
- Osmorregulação

1. Ciclo da ornitina

Os aminoácidos que não são utilizados na síntese proteica são transformados, para fornecer parte da energia utilizada pelo organismo. Esse processo envolve a perda do grupo NH_2 . Os grupos NH_2 reagem formando amônia. No fígado, a maior parte da amônia dá origem a um composto menos tóxico, a ureia; desse modo, nos animais ureotélicos, a ureia é produzida principalmente no fígado, a partir dos resíduos metabólicos de amônia e de carbono, de acordo com a seguinte reação:



A ureogênese dá-se da seguinte maneira: uma molécula de amônia e uma de CO_2 se combinam com a ornitina, resultando num outro aminoácido, a citrulina. Este aminoácido se combina com molécula de ácido aspártico (uma segunda molécula de amônia é consumida na formação do ácido aspártico), formando a arginina, que reage com água dando ureia e ornitina. Note que temos aqui um mecanismo cíclico, denominado ciclo da ornitina.



2. Osmorregulação nos peixes

A conservação da água no organismo é uma adaptação importante para os animais que vivem no meio terrestre e também no aquático.

Nos seres vivos cujo *habitat* é a água doce, ela tende a penetrar em suas células, por osmose. Estes seres vivos são hipertônicos em relação ao meio.

Os peixes dulcaquícolas, por exemplo, lambari, mandi etc., utilizam os néfrons para eliminar o excesso de água. Mesmo produzindo uma urina diluída e abundante, perdem muitos sais na excreção.

Essa perda é compensada pelo transporte ativo de sais para o sangue através das brânquias.

Certos peixes ósseos marinhos são isotônicos em relação ao meio ambiente e, portanto, não apresentam problemas osmóticos.

Os peixes ósseos marinhos, que são hipotônicos em relação ao meio ambiente, perdem água por osmose, através da pele. A reposição da água perdida é realizada pela ingestão da água do mar. Como ela é hipertônica, os peixes absorvem um excesso de sais. Esse excesso é eliminado, através das brânquias, por transporte ativo.

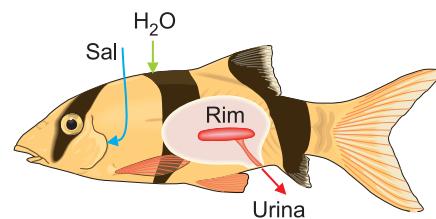


Fig. 1 – O peixe de água doce absorve sais, pelas brânquias, por transporte ativo.

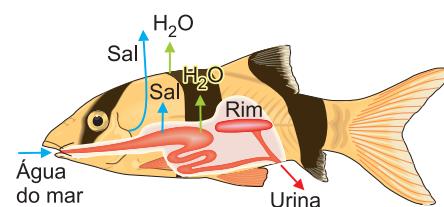


Fig. 2 – Um peixe vivo no mar sofre uma contínua perda de água porque a concentração de sais na água do mar é maior que no peixe. Para compensar a perda de água, o peixe bebe água do mar. Tanto a água quanto os sais são absorvidos pelo intestino e o excesso de sais é excretado pelas brânquias.

Os peixes cartilaginosos (tubarão, raia) resolveram o problema osmótico de maneira diferente. O teor salino do tubarão é menor do que o da água do mar, porém ele apresenta uma elevada concentração de compostos orgânicos no sangue, tornando a concentração osmótica **total** igual à do ambiente. Os principais compostos orgânicos presentes no sangue dos condrictes são a ureia e o óxido de trimetilamina (TMAO).

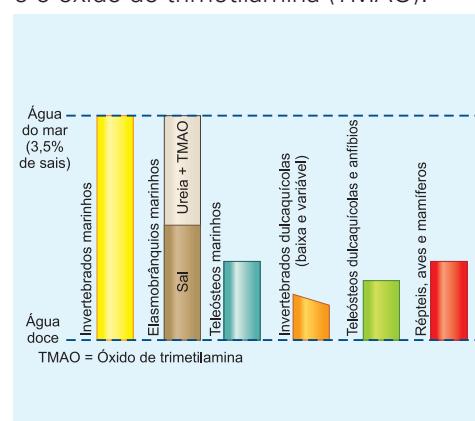


Fig. 3 – Este histograma indica a magnitude da concentração osmótica de vários grupos animais em relação à concentração da água do mar (linha quebrada superior).

Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM)** – Nos mamíferos, a amônia, que é resultante da desaminação dos aminoácidos, derivados das proteínas não utilizadas, converte-se em ureias, no ciclo da ornitina. A formação da ureia ocorre no
 a) baço. b) estômago.
 c) fígado. d) pulmão.
 e) rim.

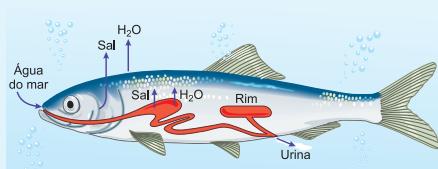
Resolução

A formação da ureia ocorre no ciclo da ornitina, processo que acontece no fígado.

Resposta: C

- 2 (MODELO ENEM)** – Considere o esquema a seguir, que mostra a regulação osmótica nos

peixes ósseos marinhos. É correto afirmar:



- a) A concentração salina desses peixes é superior à do meio e isso permite que a água entre por osmose.
 b) Esses animais são hipotônicos em relação ao meio em que vivem, e o excesso de sais é eliminado pelas brânquias por transporte ativo.
 c) Nesses animais a perda de sais é compen-

sada por um mecanismo de absorção através das brânquias.

- d) Nesses peixes o problema da osmorregulação é compensado com a retenção de altas concentrações de ureia no sangue.
 e) Os rins desses animais são capazes de produzir uma urina concentrada para ajudar a eliminação de sais.

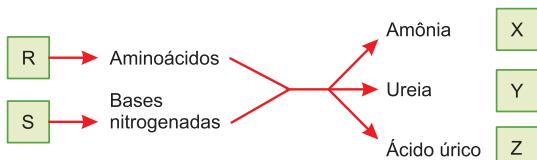
Resolução

Sendo hipotônicos em relação à água do mar, os peixes marinhos perdem água. Para compensar, bebem a água salgada do mar. O excesso de sais absorvidos é excretado pelas brânquias, por transporte ativo.

Resposta: B

Exercícios Propostos

- 1 (FUVEST)** – No esquema abaixo, as letras R e S representam substâncias orgânicas, enquanto X, Y e Z referem-se a grupos de animais.



O metabolismo das substâncias R e S produz excretas nitrogenadas. A amônia, a ureia e o ácido úrico são as substâncias nitrogenadas predominantes nos excretas dos animais dos grupos X, Y e Z, respectivamente.

As letras R, S, X, Y e Z correspondem a:

	R	S	X	Y	Z
a)	Proteínas	Ácidos Graxos	Mamíferos	Peixes Ósseos	Répteis
b)	Ácidos Nucleicos	Proteínas	Aves	Anfíbios	Répteis
c)	Proteínas	Ácidos Nucleicos	Peixes Ósseos	Mamíferos	Aves
d)	Ácidos Graxos	Proteínas	Anfíbios	Mamíferos	Aves
e)	Proteínas	Ácidos Nucleicos	Peixes Ósseos	Aves	Mamíferos

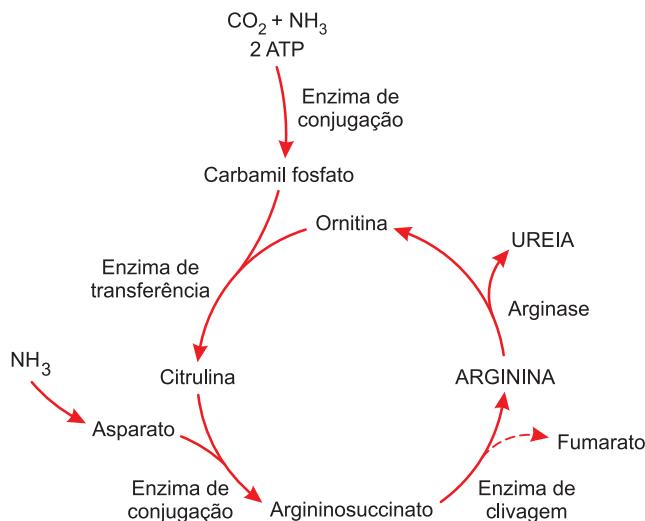
RESOLUÇÃO:

Os aminoácidos ocorrem nas proteínas e as bases nitrogenadas são constituintes dos ácidos nucleicos (DNA e RNA).

Os peixes ósseos, os mamíferos e as aves excretam, respectivamente, a amônia, a ureia e o ácido úrico.

Resposta: C

- 2 (PUC)** – Considere o esquema a seguir que mostra como a ureia é formada a partir de CO_2 e NH_3 nos animais ureotélicos.



(Knut Schmidt – Nielsen. *Fisiologia Animal. Adaptação e Meio Ambiente*. São Paulo: Santos Livraria, 1996. p. 380)

Este é um processo que demanda _____ I _____, nos mamíferos ocorre no _____ II _____ e é conhecido como ciclo da _____ III _____.

Para completar corretamente a frase, I, II e III devem ser substituídos, respectivamente, por

- a) oxigênio – rim – arginina.
 b) oxigênio – fígado – ornitina.
 c) enzimas – fígado – arginina.
 d) energia – rim – ornitina.
 e) energia – fígado – ornitina.

RESOLUÇÃO:

Resposta: E

3 (UFF) – Os peixes marinhos possuem características fisiológicas importantes que lhes permitem viver adaptados ao seu *habitat*.

Considere os seguintes processos:

- I. Absorção de alimentos.
- II. Eliminação de Na^+ .
- III. Absorção de CO_2 .
- IV. Eliminação de CO_2 .
- V. Eliminação de H_2O .
- VI. Absorção de O_2 .

Dentre esses processos, os que constituem importantes funções fisiológicas das brânquias de peixes marinhos estão indicados por

- a) I, II e V apenas.
- b) I, III e IV apenas.
- c) II, III e V apenas.
- d) II, IV e VI apenas.
- e) III, V e VI apenas.

RESOLUÇÃO:

Resposta: D

4 (PUC – MODELO ENEM) – João, que era vegetariano, passou a consumir regularmente carne bovina. Exames médicos revelaram um aumento de ureia em seu organismo após a mudança de hábito alimentar, o que se deveu a

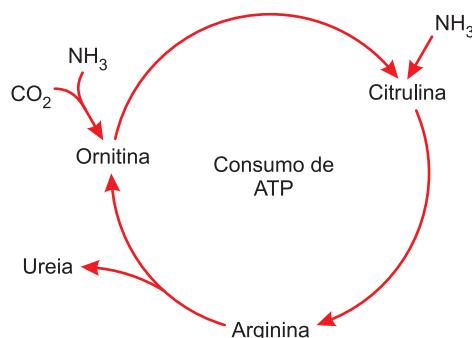
- a) aumento da ingestão de amido.
- b) diminuição da ingestão de proteínas.
- c) aumento da ingestão de proteínas.
- d) diminuição da ingestão de gorduras.
- e) aumento da ingestão de gorduras.

RESOLUÇÃO:

A formação de ureia resulta do metabolismo de proteínas.

Resposta: C

5 O ciclo da ornitina está esquematizado abaixo. Qual é a sua importância para o organismo humano?



RESOLUÇÃO:

Ele transforma a amônia, que é muito tóxica, em ureia, que é menos tóxica e pode ser excretada com menor consumo de água, permitindo a adaptação à vida terrestre.

**Módulo
47**

O sistema muscular

1. Generalidades

Os músculos apresentam as seguintes funções:

- sustentação;
- locomoção (movimentação);
- fornecimento de calor (homeotermos);
- manutenção da forma;
- pressão sanguínea (coração).

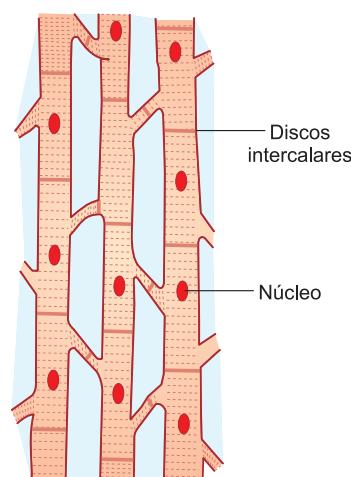
Na minhoca, a sustentação é exercida especialmente pelos músculos, pois ela não apresenta esqueleto.

A função de movimento deve compreender não somente os movimentos macroscópicos (visíveis facilmente), como também o movimento dos órgãos internos.

Podemos classificar os músculos em três tipos: tecido muscular não estriado (liso ou visceral), tecido muscular estriado cardíaco e tecido muscular estriado esquelético.

O músculo é constituído de um grande número de fibras ou células que possuem cerca de 100 μm de diâmetro. A célula (vide figura 1) apresenta-se com estriação transversal. Observando-se uma célula isolada (em 3), nota-se que há inúmeras fibrilas dispostas longitudinalmente no seu interior – são denominadas **miofibrilas**, com cerca de 1 μm de espessura. Nos esquemas 4, 5 e

6 aparecem, em aumento crescente, porções de uma miofibrila. A miofibrila apresenta estriações transversais, e tais estrias seguem um padrão definido: o trecho compreendido entre duas **estrias Z** denomina-se **miômero** (ou sarcômero, unidade estrutural e fisiológica da contração); estria Z é uma região de condensação de proteína; a faixa mais clara, situada entre duas bandas A, chama-se **banda I**.



Estrutura do músculo cardíaco de mamífero.

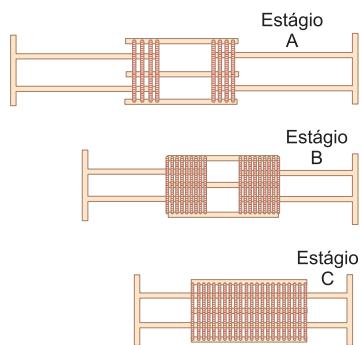
As miofibrilas, vistas ao microscópio eletrônico, aparecem constituídas por **miofilamentos**, com espessura de 50 Å a 100 Å. Esses miofilamentos se interdigitam de tal modo que seu arranjo determina as faixas A e I.

A banda A é constituída de filamentos grossos de uma proteína – a **miosina**, que se imbrica com filamentos finos de outra proteína – a **actina**. A banda I contém somente filamentos finos de actina. Os filamentos grossos de miosina mostram pontes laterais que se dirigem para os filamentos finos de actina.

2. Mecanismo da contração muscular

Segundo Huxley (Prêmio Nobel em 1963), a contração muscular obedece à teoria dos filamentos deslizantes.

De acordo com essa teoria, quando ocorre a contração, os miofilamentos de actina e miosina não se encurtam nem se esticam; eles deslizam uns sobre os outros, de maneira que os filamentos de actina se aproximam, diminuindo a faixa H. Observando a figura que segue, notamos que a banda A não altera suas dimensões durante a contração e o relaxamento, enquanto a banda I diminui de comprimento na contração e aumenta no relaxamento.



A contração muscular.

Como os únicos contatos observáveis entre os miofilamentos são as pontes laterais, que partem dos miofilamentos de miosina, admite-se que tais pontes sejam as responsáveis pelo deslizamento, deslocando-se os filamentos de actina em relação aos de miosina.

Tipos de músculos	N.º de núcleos por célula	Estrias transversais	Velocidade (da contração)	Comando nervoso
Não estriado (liso ou visceral)	1	ausentes	lenta	S. N. Autônomo (involuntário)
Estriado cardíaco	1 ou 2	presentes	rápida	S. N. Autônomo (involuntário)
Estriado esquelético	vários	presentes	rápida	Cerebral (voluntário)

Dependência do sistema nervoso

Os músculos estriados são estimulados para a contração por impulsos nervosos. Dependem de impulsos provenientes dos nervos medulares e cerebrais para iniciar sua atividade. Essa dependência é tão grande que, quando há uma separação entre nervo e músculo, não há mais contração e os músculos se atrofiam.

O músculo estriado nunca está em repouso completo, mas levemente contraído, porque recebe constantemente impulsos nervosos da medula e do cérebro. Esse estado de contração chama-se **tônus**.

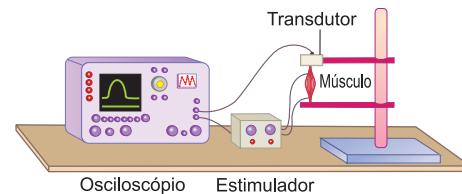
Quando o impulso nervoso atinge a junção neuromuscular, ocorre aí uma série de fenômenos bioquímicos. Nem todas essas reações são completamente conhecidas. O resultado final do impulso nervoso é a contração dos miócitos (fibras musculares). A contração total do músculo esquelético é o resultado da contração maciça das fibras das células musculares.

3. Excitabilidade muscular

Há várias maneiras de se obter a contração de um músculo esquelético. Normalmente, a contração só se produz em resposta a impulsos nervosos, originados no sistema nervoso e transmitidos ao músculo pelos nervos.

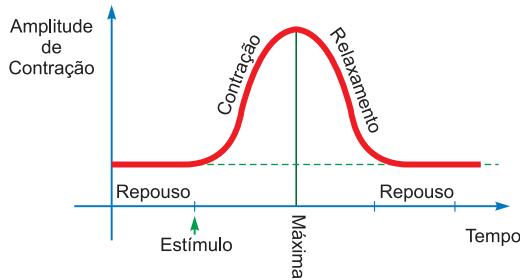
A contração pode ser provocada artificialmente nos músculos *in situ* ou recém-separados do organismo. O agente aplicado ao músculo para se obter a resposta deste chama-se estímulo.

Em preparações neuromusculares, pode-se produzir a contração aplicando-se diversas classes de estímulos (mecânicos, químicos, elétricos) ao músculo ou ao nervo (estimulação direta ou indireta, respectivamente).



Observação da contração de um músculo na tela de um osciloscópio.

Podemos estimular uma preparação neuromuscular e registrar graficamente o comportamento desse músculo por via de um miograma.

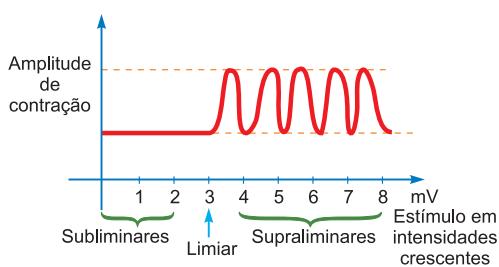


Registro gráfico da contração e relaxamento muscular.

Um miócito isolado, quando estimulado, obedece à “Lei do Tudo ou Nada”.

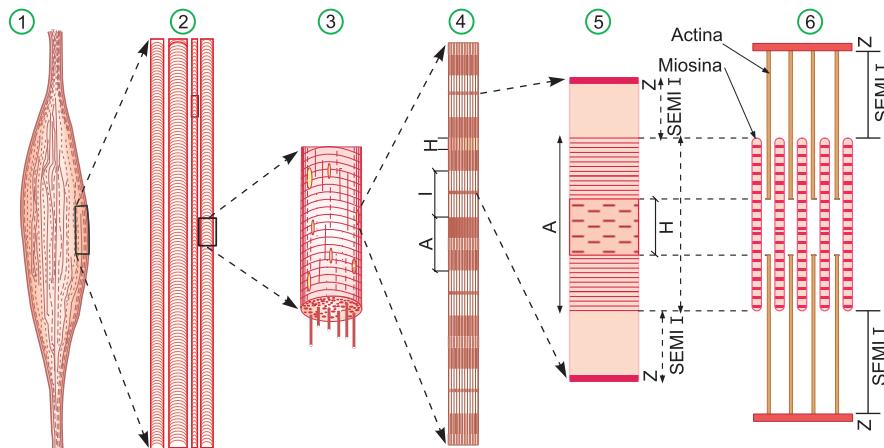
Se o estímulo for sublimiar, o miócito não responde; mas, se for limiar ou supralimiar, responde com intensidade máxima.

O músculo, bem como o nervo, obedece à “Lei do Tudo ou Nada”.



Lei do Tudo ou Nada.

Figura 1



A figura acima mostra a estrutura da célula (fibra) muscular estriada esquelética, desde o músculo visível ao olho nu em 1 até o nível ultramicroscópico em 6.

Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM)** – As lâminas I, II e III representam o aspecto de três tipos de tecido muscular de cães, quando analisados sob microscópio.



As fibras observadas nas lâminas I, II e III foram retiradas, respectivamente, dos músculos

- do estômago, do coração e da pata.
- do coração, da pata e do estômago.
- da pata, do estômago e do coração.
- do coração, do estômago e da pata.
- do estômago, da pata e do coração.

Resolução

Lâmina	Músculos
I	Cardíaco
II	Esquelético
III	Liso

Resposta: B

- 2 (MODELO ENEM)** As várias partes do corpo divergem quanto às necessidades dos tipos de músculos que utilizam. Por exemplo, o tipo de músculo requisitado por um jogador de tênis para correr e bater na bola com força e precisão não é o mesmo tipo usado para movimentar a comida ao longo do trato digestório para que o alimento possa ser digerido.

Os dois tipos de músculos acima mencionados diferem em várias características, mas assemelham-se por possuírem

- miofibrilas.
- células mononucleadas.
- estrias transversais.
- fibras plurinucleadas.
- sarcolema.

Resolução

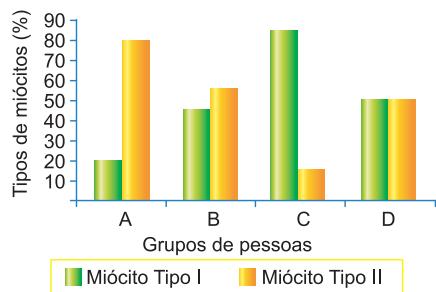
Nas células musculares dos dois tipos citados existem miofibrilas.

Resposta: A

Exercícios Propostos

1 (UNICAMP) – As pessoas são incentivadas a praticar atividades físicas visando a uma vida saudável. Especialistas em fisiologia do exercício determinaram a porcentagem de miócitos do tipo I e do tipo II encontrados em músculos estriados esqueléticos de quatro grupos de pessoas: atletas maratonistas (*), atletas velocistas (**), pessoas sedentárias e pessoas com atividade física moderada. Os resultados desse estudo são mostrados na figura abaixo. As características funcionais de cada um dos miócitos estão listadas na tabela.

(*) corredores de longas distâncias; (**) corredores de curtas distâncias (ex. 100 m rasos)



Miócito tipo I	Miócito tipo II
Contração lenta	Contração rápida
Metabolismo aeróbico	Metabolismo anaeróbico
Alta densidade de mitocôndrias	Baixa densidade de mitocôndrias

(Figura e tabela adaptadas de Fox, E. L.; Mathews, D. K. *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1986, p. 72-74)

- Analise as informações da tabela e indique, entre os quatro grupos de pessoas (A, B, C ou D) mostrados na figura, qual grupo corresponde aos maratonistas e qual grupo corresponde aos velocistas. Justifique.
- Se os dois grupos de atletas não fizerem um treinamento adequado, pode ocorrer nesses atletas dor muscular intensa durante ou após uma competição. A que se deve essa dor muscular? Explique.

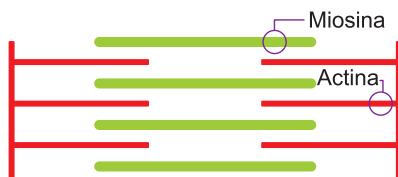
RESOLUÇÃO:

- a) Respectivamente, C e A.

Os maratonistas apresentam grande quantidade de miócitos do tipo I, que permitem a elevada resistência em competições de longos percursos. Os velocistas apresentam, principalmente, miócitos do tipo II, que são muito eficazes nos esportes de elevada intensidade e de curta duração.

b) Deve-se ao acúmulo de ácido láctico no músculo. Na ausência de treinamento físico adequado, o transporte sanguíneo de oxigênio ao músculo pode ficar prejudicado, facilitando a transformação de ácido pirúvico em ácido láctico.

- 2** Que representa o desenho que segue?



RESOLUÇÃO:
Representa um miômero, unidade muscular.

- 3 (UFLA)** – Das opções abaixo, a que apresenta características que descrevem o tecido muscular estriado esquelético é:

- Fibras fusiformes, um núcleo central, contração rápida e voluntária.
- Fibras cilíndricas, muitos núcleos periféricos, contração rápida e voluntária.
- Fibras cilíndricas, muitos núcleos periféricos, contração lenta e involuntária.
- Fibras fusiformes, um ou dois núcleos, contração lenta e involuntária.
- Fibras cilíndricas, anucleadas, contração rápida e voluntária.

RESOLUÇÃO: Resposta: B



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M403**

4 (UFOP) – A função cardíaca tem sido contextualizada na mídia pela divulgação frequente de notícias de morte súbita de atletas jovens. Provavelmente esses indivíduos, cerca de 0,1 a 0,2% da população mundial, apresentam cardiopatias genéticas causadas pelo acúmulo de uma proteína anormal nos miômeros do músculo cardíaco. Isso faz com que as células cresçam muito e de forma desordenada, particularmente as do ventrículo esquerdo. À medida que o músculo se espessa, o coração pode desenvolver batimentos irregulares e correr o risco de parar completamente. O esforço extra do exercício intenso parece desencadear a morte súbita de pessoas com esse problema.

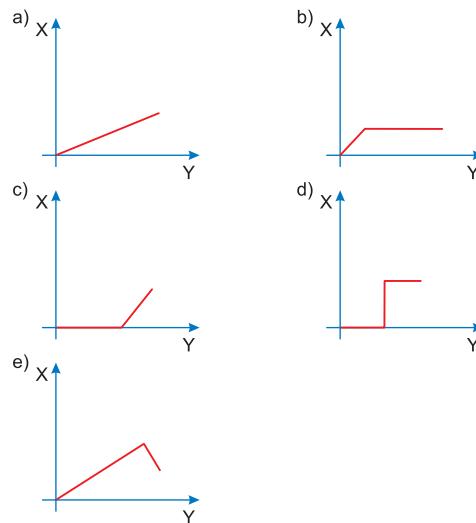
Com base no assunto apresentado, responda:

- Quais são as duas principais proteínas dos miômeros?
- Quais são as duas maneiras pelas quais o coração pode aumentar o volume de sangue ejetado durante o exercício físico, para atender ao aumento da necessidade de oxigênio?
- Para qual compartimento do sistema cardiovascular o ventrículo esquerdo envia o sangue?

RESOLUÇÃO:

- Actina e miosina.
- Aumento da potência e frequência cardíacas.
- Artéria aorta.

5 (MED. ABC – Modificado – MODELO ENEM) – Um miócito isolado obedece à “Lei do Tudo ou Nada”. Qual gráfico, dentre os abaixo apresentados, melhor mostra o grau de contração (X) de uma fibra individualizada em função de intensidade do estímulo (Y) a ela aplicado?



RESOLUÇÃO: Resposta: D

**Módulo
48**

A fisiologia muscular

Palavras-chave:

- ATP • CP

- Filamentos deslizantes

1. Energia para a contração muscular

A miofibrila apresenta água (solvente), íons minerais catalisadores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+), ATP (fonte imediata de energia), CP (creatina-fosfato ou fosforil creatina, que é uma fonte de energia reserva) e actomiosina (actina + miosina), constituindo o material contrátil.

A energia necessária para a contração muscular é fornecida pelo ATP e tal contração ocorre na presença de íons magnésio, potássio e cálcio. A actomiosina só se contrai na presença de tais elementos, o que pode ser demonstrado experimentalmente.

A energia para formar moléculas de ATP vem do glicogênio, que é um carboidrato complexo formado por muitas moléculas de glicose associadas. Pela atividade enzimática das células, a grande molécula de glicogênio se parte nas suas unidades de glicose. As moléculas de glicose são, então, quimicamente rompidas pelos processos de fermentação ou da respiração aeróbica. Ambos os processos ocorrem nos músculos e liberam energia, que será armazenada no ATP.

O processo biológico da quebra da molécula da glicose independente de O_2 é chamado glicólise. Nessa sequência de reações, o ácido pirúvico é convertido em

ácido lático (fermentação lática), caso falte O_2 .

Quando não há oxigênio, a “reação de degradação da glicose não pode prosseguir depois dessa etapa”.

Durante a atividade intensa e prolongada do músculo, o oxigênio chega em quantidade menor do que a necessária. Quando há deficiência de O_2 , acumula-se ácido lático no músculo.

Se há um excesso de ácido lático, os músculos não podem se contrair ou responder a estímulos. Portanto, o ácido lático age como um tóxico.

Quando o O_2 chega novamente a esse tecido, parte do ácido lático acumulado se converte em ácido pirúvico, que então passa pela série de reações do ciclo de Krebs, havendo uma liberação muito maior de energia. O ácido lático remanescente é conduzido ao fígado pela corrente sanguínea e aí convertido em glicogênio.

Para cada molécula de glicose, utilizada na glicólise, há um lucro final de duas moléculas de ATP. Esse processo libera somente cerca de 5% de energia química potencial da molécula da glicose do que é obtido na respiração aeróbica.

Os íons cálcio participam da reação de quebra de ligação fosfato do ATP, na presença de enzima ATPase, necessária para a liberação da energia para a contração.

A fonte primária para a contração é o glicogênio do músculo.

2. Fisiologia muscular

O material contrátil do músculo é a actomiosina. Agora nos interessa saber como se dá a transferência de energia do ATP para a actomiosina. Experiências indicam que, no músculo, o ATP está ligado estruturalmente à actomiosina, tendo, portanto, um duplo papel: é um doador de energia e um componente estrutural do material contrátil.

Durante a contração, o complexo ATP-actomiosina se rompe, dando o complexo ADP-actomiosina, com o desprendimento de energia e liberação de um grupo de fosfato. Quando o músculo relaxa, recupera a energia perdida, ficando de novo apto para nova contração. Fermentação e respiração são as fontes dessa energia, mas a **fonte imediata é o ATP**.

A degradação da glicose fornece ATP para a contração muscular, contudo, durante os intensos períodos de atividades musculares, esse processo não é suficientemente rápido para formar os ATP necessários, sendo preciso uma fonte adicional de energia. Esse papel é desempenhado por outro composto do músculo, a fosforilcreatina (CP) ou creatina-fosfato.

Durante os períodos de relativa inatividade, o rompimento da molécula de glicose nos músculos fornece mais energia do que a necessária; esta é transferida por meio de ATP à CP, na qual a energia fica de novo na ligação fosfato, como reserva. Há provas de que isso é um fato: há cerca de 20 vezes mais CP do que ATP no músculo dos mamíferos; por outro lado, a CP só é encontrada nas células musculares.

Quando a atividade muscular requer energia numa velocidade maior do que a ruptura da glicose pode fornecer, a CP transfere de novo sua energia, na forma de ATP, que permite a contração da actomiosina.

A CP atua, portanto, como um reservatório de energia química para a atividade do músculo.

3. Teoria de Huxley

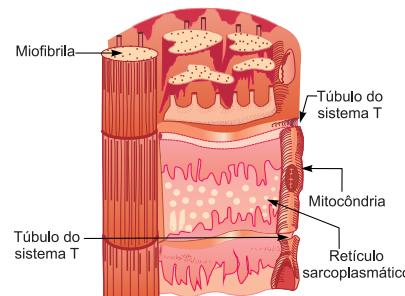
Como foi explicado anteriormente, o miócito é constituído por um grande número de finíssimas fibrilas. Se observarmos uma fibrila na área entre duas faixas chamadas faixas Z, verificaremos que filamentos muito finos se estendem a partir de cada Z, e que, a meio caminho, se intercalam filamentos mais grossos. O arranjo desses miofilamentos é extremamente regular e bem-ordenado. Os tipos de filamentos estão unidos entre si por um sistema de ligamentos transversais e, quando o miócito se contrai e encurta, dá-se um arranjo nessas ligações transversais, de maneira que os filamentos finos deslizam entre os filamentos grossos, reduzindo assim a distância entre as faixas Z (diminuindo o tamanho do sarcômero).

Esse modelo das modificações estruturais durante a contração muscular está assentado sobre um bom conjunto de provas. A mais convincente de todas vem das microfotografias eletrônicas, que realmente mostram os filamentos nas várias fases da contração. Tais estudos

mostram que o comprimento da faixa A, que corresponde aos filamentos grossos, não se altera durante a contração. Por outro lado, o comprimento das faixas I modifica-se, de acordo com o esperado, pela alteração do comprimento do miócito, que se contrai. O comprimento dos filamentos finos é também imutável, eles apenas escorregam entre os filamentos grossos. Isso pode ser verificado pelo fato de a zona H, no meio da faixa A, estreitar-se, como se esperava, quando os filamentos finos se movem.

Se a proteína miosina de um músculo for relativamente dissolvida, a faixa A desaparecerá. Portanto, é provável que os filamentos grossos sejam constituídos de miosina e que os filamentos finos, na sua maior parte, sejam constituídos da proteína actina.

A teoria explicativa da mecânica da contração muscular, que indicamos acima, foi proposta por H. E. Huxley e denomina-se **Teoria dos Filamentos Deslizantes**.

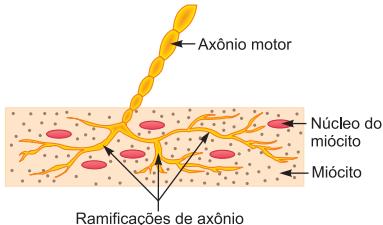


Esquema tridimensional do músculo.

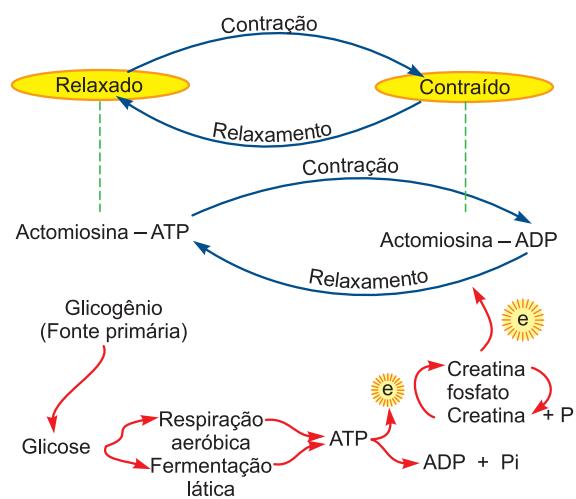
Embora a teoria dos filamentos deslizantes explique o encurtamento do músculo, ainda não conhecemos os fenômenos que ocorrem entre a despolarização da membrana da fibra e o mecanismo que faz com que os filamentos finos deslizem entre os grossos. Os íons cálcio (Ca^{2+}) estão de alguma forma envolvidos e os dados disponíveis sugerem que a condução do sinal ocorre no espaço entre as miofibras. Esse espaço contém diminutos túbulos ramificados, chamados de retículo sarcoplasmático (equivalente ao retículo endoplasmático). Ele se comunica com a superfície da fibra por meio de túbulos transversos (o sistema T), que ocorrem internamente na faixa Z, passando entre as estruturas denominadas vesículas externas. Quando um potencial de ação se propaga sobre a superfície da fibra, o sinal entra pelo sistema T e causa a libertação de íons Ca^{2+} dentro do retículo sarcoplasmático. O íon Ca^{2+} é necessário para a quebra do ATP, presumivelmente para a transferência de energia química desse conjunto para o mecanismo do filamento deslizante. As vesículas externas parecem poder bombear Ca^{2+} de volta ao retículo sarcoplasmático, reduzindo a concentração a um nível tão baixo que impede o desdobramento do ATP, e o músculo, então, relaxa. Calcula-se que a mera difusão do Ca^{2+} da membrana da fibra não mais ocorreria com suficiente rapidez para transmitir a mensagem para a contração dos filamentos, porém a existência do sistema de condução do retículo sarcoplasmático explica como uma velocidade suficiente de transmissão pode ser atingida.

4. Inervação do músculo estriado

Os nervos penetram nos músculos junto com o tecido conjuntivo. Uma neurofibra (fibra nervosa) pode inervar um número variável de miócitos. Nos músculos do globo ocular uma única neurofibra inerva um único miócito (movimentos devem ser muito precisos). Uma neurofibra pode se ramificar e inervar centenas de miócitos. Uma neurofibra e os miócitos por ela inervados recebem, em conjunto, o nome de **unidade motora**. A terminação da neurofibra no miócito é denominada **placa motora, placa neuromuscular ou placa mioneural**.



Junção neuromuscular (placa mioneural).



Mecanismo da atividade muscular.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – O mundo dos esportes tem registrado, lamentavelmente, casos de *doping* esportivos, ou seja, a utilização de substâncias químicas para melhorar artificialmente o desempenho de atletas. Observe com atenção a lista de algumas dessas substâncias, associadas ao seu efeito no organismo humano.

Tipo de substância química utilizada no <i>doping</i> esportivo	Efeitos da substância química no organismo
I. anabolizantes	aumentam a massa muscular
II. betabloqueadores	reduzem a frequência dos batimentos cardíacos
III. gonadotrofina sintética	multiplica o número de glóbulos vermelhos
IV. diuréticos	induzem os rins a aumentarem a produção de urina, sequestrando volumes de líquido disponíveis no organismo

Considerando-se que os atiradores de arco e flecha precisam de absoluta precisão nos movimentos e de firmeza nas mãos e nos braços, e os ciclistas de longo percurso, de uma boa aeração muscular, pode-se inferir que os atletas que praticam essas modalidades esportivas, quando apanhados pelo *doping*, muito provavelmente apresentarão, respectivamente, quantidades anormais das substâncias

- a) II e III.
- b) IV e I.
- c) I e III.
- d) III e I.
- e) II e IV.

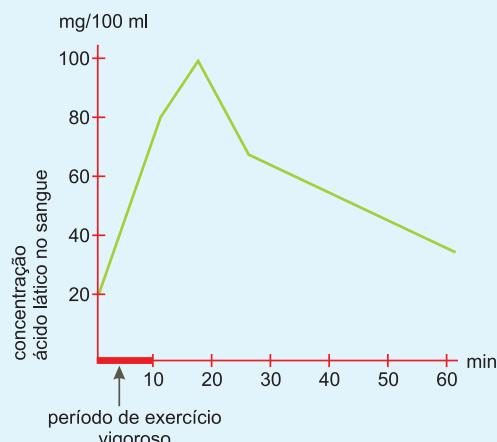
Resolução

Atiradores – redução de batimentos cardíacos – betabloqueadores.

Ciclistas – aumento de hemácias – gonadotrofinas.

Resposta – A

2 (MODELO ENEM)



O gráfico anterior registra a concentração de ácido lático no sangue, durante e após um exercício vigoroso.

Da análise do gráfico, é correto afirmar que

- a) a produção do ácido lático é mais rápida que o consumo, uma vez que este é aeróbico.
- b) a produção do ácido lático é aeróbia, enquanto o seu consumo é anaeróbio.
- c) o exercício vigoroso requer grande consumo de O_2 , o que resulta no aumento da concentração de ácido lático.
- d) a queda da concentração do ácido lático é mais lenta porque depende da ingestão de glicose.
- e) o consumo do ácido lático é mais lento que sua produção porque a sua utilização só ocorre no fígado.

Resolução

Na deficiência de oxigênio, ocorre a fermentação láctica determinando o acúmulo de ácido lático no músculo.

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 (FATEC) – Se as células musculares podem obter energia por meio da respiração aeróbica ou da fermentação, quando um atleta desmaia após uma corrida de 1000 m, por falta de oxigenação adequada de seu cérebro, o gás oxigênio que chega aos músculos também não é suficiente para suprir as necessidades respiratórias das fibras musculares (miócitos), que passam a acumular

- a) glicose. b) ácido acético. c) ácido lático.
d) gás carbônico. e) álcool etílico.

RESOLUÇÃO:

Em ausência de O₂ durante uma atividade muscular intensa, ocorre acúmulo de ácido lático na musculatura.

Resposta: C

2 (FATEC – MODELO ENEM) – “Pesquisas de laboratório feitas com animais têm demonstrado benefícios radicais de uma abordagem que os cientistas chamam de restrição calórica. Ratos, macacos e outros animais submetidos a uma dieta com apenas metade das calorias fornecidas por sua alimentação normal não apenas se livram das doenças associadas à velhice como conseguem manter a aparência mais jovem. Eufóricos com os resultados obtidos com a restrição calórica em suas cobaias, os próprios cientistas estão adotando o mesmo padrão alimentar de quase privação calórica. Os alimentos têm a quantidade drasticamente diminuída, porém nem todos da mesma maneira. Açúcares e carboidratos são praticamente banidos da dieta, mas são mantidas as fontes de proteína, gorduras e vitaminas. Se os resultados de longevidade obtidos com cobaias puderem ser reproduzidos em seres humanos, a vida poderia ser prolongada para cerca de 150 anos”.

Os efeitos da restrição calórica sobre a duração da vida humana não puderam ainda ser medidos. No entanto, diversas pesquisas destinadas a aferir a melhoria na saúde de pessoas que passam a comer muito menos estão em andamento nos Estados Unidos”.

(Revista *Veja*. “Viver mais de boca fechada”. Edição 1837. 21 jan. 2004).

Sobre os efeitos da restrição calórica sobre o organismo humano, dois estudantes fizeram as seguintes afirmações:

I. Com a redução dos nutrientes responsáveis para a obtenção de energia, o corpo humano consumiria, inicialmente, suas substâncias de reserva, como por exemplo, o glicogênio.

II. O organismo humano, mesmo em uma dieta de restrição calórica, continua produzindo parte das substâncias de que necessita, como, por exemplo, os aminoácidos, as vitaminas A, E e B₁₂.

III. Na restrição calórica, o organismo humano se coloca em uma atitude de economia de combustível e acelera rapidamente seu metabolismo a fim de estocar a maior quantidade de nutrientes possível.

Está correto o contido em

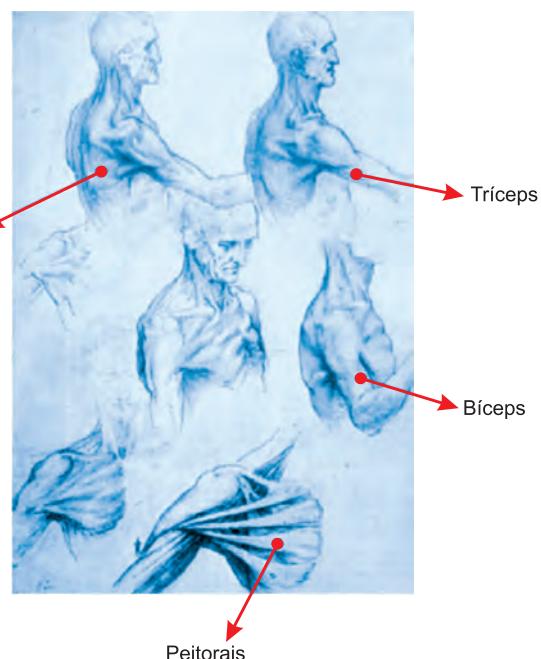
- a) I, apenas. b) II, apenas. c) I e III, apenas.
d) II e III, apenas. e) I, II e III.

RESOLUÇÃO:

Na ausência de nutrição adequada, o organismo consome suas reservas, por exemplo, o glicogênio armazenado no fígado e nos músculos.

Resposta: A

3 (FUVEST – MODELO ENEM) – A arte de Leonardo da Vinci se beneficiou de seus estudos pioneiros de Anatomia, que revelam como músculos, tendões e ossos constituem sistemas mecânicos de trações, alavancas e torques, como é possível ver em alguns dos seus desenhos.



Para que Leonardo da Vinci pudesse representar ações de abraçar-se ou abrirem-se os braços, foi importante saber que entre os principais músculos contraídos em cada situação estão, respectivamente,

	Músculos contraídos Abraçar-se	Músculos contraídos Abrirem-se os braços
a)	os peitorais e os tríceps	os dorsais e os bíceps
b)	os peitorais e os bíceps	os dorsais e os tríceps
c)	os dorsais e os tríceps	os peitorais e os bíceps
d)	os dorsais e os bíceps	os peitorais e os tríceps
e)	os peitorais e os dorsais	os bíceps e os tríceps

RESOLUÇÃO:

Para abraçar, utilizamos a contração do bíceps braquial e dos músculos peitorais.

Para abrir os braços, utilizamos a contração do tríceps braquial e dos músculos dorsais.

Resposta: B

5 (FUVEST) – A tabela abaixo apresenta algumas características de dois tipos de fibras musculares do corpo humano.

Fibras musculares		
Características	Tipo I	Tipo II
Velocidade de contração	Lenta	Rápida
Concentração de enzimas oxidativas	Alta	Baixa
Concentração de enzimas glicolíticas	Baixa	Alta

- a) Em suas respectivas provas, um velocista corre 200 m, com velocidade aproximada de 36 km/h, e um maratonista corre 42 km, com velocidade aproximada de 18 km/h. Que tipo de fibra muscular se espera encontrar, em maior abundância, nos músculos do corpo de cada um desses atletas?
- b) Em que tipo de fibra muscular deve ser observado o maior número de mitocôndrias? Justifique.

RESOLUÇÃO:

a) **Velocista: II. B, maratonista: I.**

b) **Na fibra do tipo I, há um maior número de mitocôndrias, onde ocorrem o ciclo de Krebs e a cadeia transportadora de elétrons, que fornecem o ATP (energia) para uma atividade física de longa duração e de pequena intensidade, como a maratona.**

4 (MODELO ENEM) – As informações abaixo resumem observações relacionadas com as fontes de energia para a contração muscular.

- Um músculo que não possua ATP e fosfocreatina não se contrai.
- Um músculo que não possua fosfocreatina, mas receba ATP, continuará a se contrair até que todo o ATP seja gasto.
- Um músculo que não possua ATP, mas receba fosfocreatina, não se contrai.
- Um músculo sem ATP, mas que receba fosfocreatina e ADP, forma ATP e continuará a se contrair enquanto tiver fosfocreatina e ADP.

Desses dados, conclui-se que

- ADP e fosfocreatina são indispensáveis para a contração muscular.
- ADP e ATP têm o mesmo papel na contração muscular.
- a fosfocreatina inibe a ação do ATP.
- a fosfocreatina e ATP somam seus efeitos, determinando a contração muscular.
- o ATP é indispensável para a contração muscular.

RESOLUÇÃO:

A análise dos dados permite concluir que o ATP é indispensável para a contração muscular.

Resposta: E



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M404**

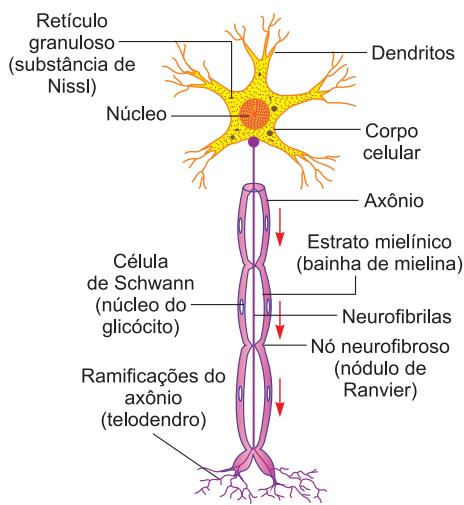
- Neurônio • Axônio
- Dendrito • Sinapse

1. Neurônio

O sistema nervoso é constituído por uma rede de unidades celulares denominadas neurônios (células nervosas). Os neurônios mostram uma variedade de forma e tamanho, porém possuem elementos comuns. Uma célula nervosa típica tem três partes principais: dendritos, axônio (cilindro-eixo ou neurofibra) e corpo celular.

Os dendritos e o axônio (este sempre único em cada célula) são prolongamentos do neurônio. Os dendritos conduzem o influxo nervoso em direção ao corpo celular. No axônio pode haver, além da membrana celular, duas outras bainhas: interna – estrato mielínico (bainha de mielina) e externa, celular – bainha de Schwann. Essas bainhas são interrompidas em intervalos regulares por estrangulamentos chamados nós neurofibros (nódulos de Ranvier), que têm papel importante na velocidade da condução nervosa.

Nervo é um grande número de axônios, cada um originário de um neurônio diferente. O nervo não contém corpos celulares, pois estes estão localizados no encéfalo, na medula e nos gânglios nervosos.

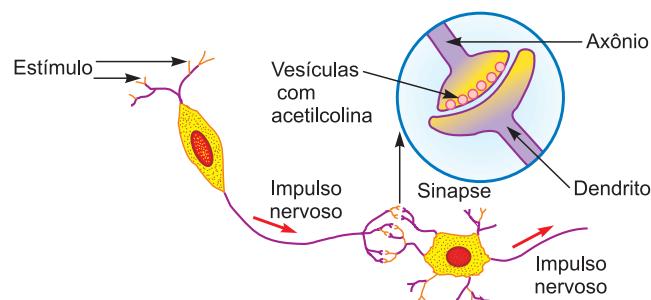


Esquema de um neurônio.

2. Sinapse

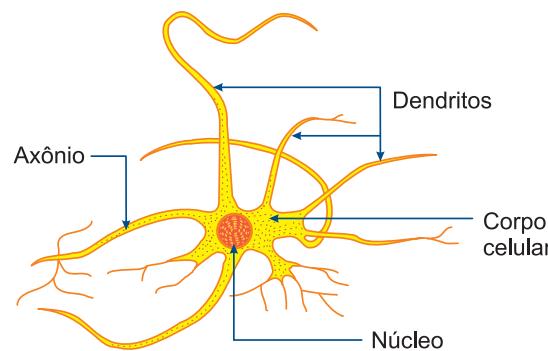
As células nervosas e seus prolongamentos fazem contatos umas com as outras, através de pontos denominados **sinapses**. Na sinapse, o axônio terminal não está em contato direto (continuidade) com a membrana das ramificações do neurônio seguinte, mas existe aí uma fenda da ordem de 200 Å de largura. A transferência de um influxo nervoso através dessa sinapse é feita por meios químicos. Uma característica importante é que a transmissão do impulso na sinapse se processa somente

no sentido axônio-dendrito e nunca no sentido inverso. Desse modo a sinapse atua como uma válvula de direção única.

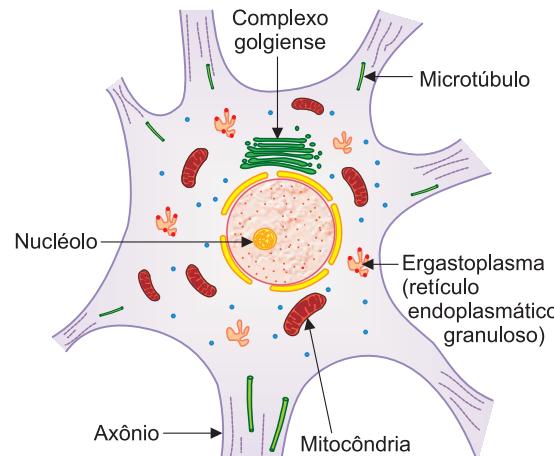


A sinapse.

Obs.: Cromatólise é a degeneração do ergastoplasma do neurônio, decorrente de envelhecimento, traumatismos ou doenças.



Esquema de um neurônio.



Corpo celular, soma ou pericárdio.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – O impulso nervoso é gerado pelo neurônio quando este recebe um estímulo limiar ou supralimiar. O mecanismo que permite a origem e a propagação do impulso está relacionado à despolarização da membrana plasmática e consome ATP, utilizado pela “bomba de Na^+ e K^+ ”. Nas regiões mielinizadas do neurônio, não há despolarização e esta fica restrita aos nós neurofibrosos. Quanto maior a quantidade de mielina e de nós neurofibrosos, maior será a velocidade do impulso.

Analise a tabela abaixo:

Cultura de tecido nervoso	Mielinização	Quantidade de nós neurofibrosos	ATP disponível
A	++	+++	+++
B	-	-	+++
C	++	++	+
D	++	++	+++

Assinale a sequência de cultura de tecidos de neurônios, do mais veloz para o menos veloz.

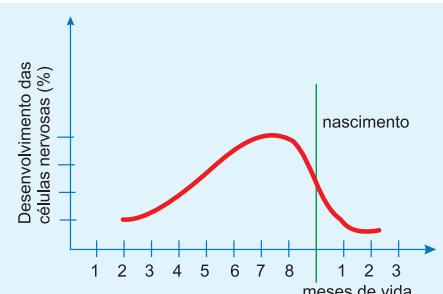
- a) A D C B
- b) A B C D
- c) A B D C
- d) A C D B
- e) A D B C

Resolução

Para neurônios que possuem o mesmo diâmetro, a velocidade de condução do impulso nervoso será maior, segundo:

- 1.) a quantidade de mielina no estrato mielínico;
- 2.) a quantidade dos nós neurofibrosos;
- 3.) a quantidade de ATP disponível.

Resposta: A



Pode-se afirmar que os cuidados necessários ao perfeito desenvolvimento deste mamífero devem se dar, fundamentalmente,

- a) no período pré-natal.
- b) no período perinatal.
- c) no período pós-natal.
- d) entre o último mês de gestação e o 2.º mês após o nascimento.
- e) nos primeiros 2 meses após o nascimento.

Resolução

O gráfico mostra que o desenvolvimento das células nervosas acontecem no período pré-natal, daí os cuidados necessários.

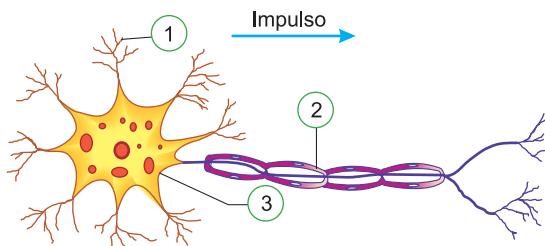
Resposta: A

Exercícios Propostos

2 “Em 1 quilo e 200 gramas de cérebro, o peso médio da massa encefálica de um adulto, 100 bilhões de células nervosas estão em atividade... A trama é precisa e delicada... Os neurônios comunicam-se entre si por intermédio de ramificações...”

(VEJA – Edição especial – Saúde – nov. 2002.)

A figura esquemática representa um neurônio.



Indique corretamente o nome das partes 1, 2 e 3.

	Axônio	Dendrito	Corpo celular
a) ()	1	2	3
b) ()	2	1	3
c) ()	3	2	1
d) ()	1	3	2
e) ()	3	1	2

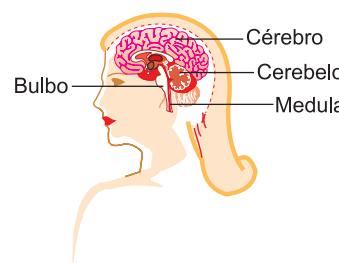
RESOLUÇÃO: Resposta: B

2 (MODELO ENEM) – A urina de bovinos tem sido coletada logo após a ordenha (período em que urinam mais) e mandada para laboratórios, onde é tratada e utilizada na lavoura como praguicida e no enriquecimento do solo pelo seu alto teor de Na^+ e K^+ . Os íons Na^+ e K^+ são utilizados pelos vegetais e na elaboração de muitas substâncias orgânicas, que, no decorrer de cadeias alimentares, passam para outros seres vivos. Os íons sódio e potássio

- a) são indispensáveis para a contração muscular.
- b) são responsáveis para a síntese de hemoglobina.
- c) proporcionam a coagulação celular.
- d) são responsáveis pelo impulso nervoso.
- e) agem como enzimas em muitas reações metabólicas, como, por exemplo, na respiração celular.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

3 (MODELO ENEM) – A figura a seguir representa, esquematicamente, os componentes do encéfalo humano.



Na embriologia humana, os folhetos dão origem secundária a tecidos e estes, a órgãos, de modo que, no sistema nervoso, nódulos histológicos primários, originados do ectoderma, multiplicam-se, diferenciam-se e expandem-se no sentido ventrodorsal e posteroanterior, para formar o sistema nervoso central. Com base nessas informações, em qual alternativa ocorre a ordem correta de formação embrionária?

- a) Bulbo, medula, cerebelo e cérebro.
- b) Medula, bulbo, cérebro e cerebelo.
- c) Cérebro, cerebelo, bulbo e medula.
- d) Medula, bulbo, cerebelo e cérebro.
- e) Medula, cerebelo, cérebro e bulbo.

RESOLUÇÃO:

As estruturas do encéfalo que se formam no sentido ventrodorsal e posteroanterior são, nessa ordem, medula, bulbo, cerebelo e cérebro.

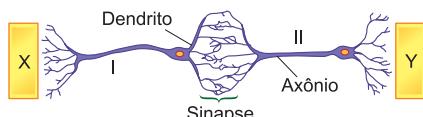
Resposta: D

- Tomando-se as estruturas X e Y como referência, em que sentido se propagam os impulsos nervosos através dos neurônios I e II?
- Considerando-se que, na sinapse mostrada, não há contato físico entre os dois neurônios, o que permite a transmissão do impulso nervoso entre eles?
- Explique o mecanismo que garante a transmissão unidirecional do impulso nervoso na sinapse.

RESOLUÇÃO:

- Os impulsos nervosos propagam-se no sentido de II para I.
- A transmissão do impulso na sinapse é feita por neurotransmissores.
- Os neurotransmissores são secretados pelas terminações do axônio.

4 (FUVEST) – O esquema representa dois neurônios contíguos (I e II), no corpo de um animal, e sua posição em relação a duas estruturas corporais identificadas por X e Y.



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M405**

Módulo 50

A origem e a propagação do impulso nervoso

1. Condução do impulso

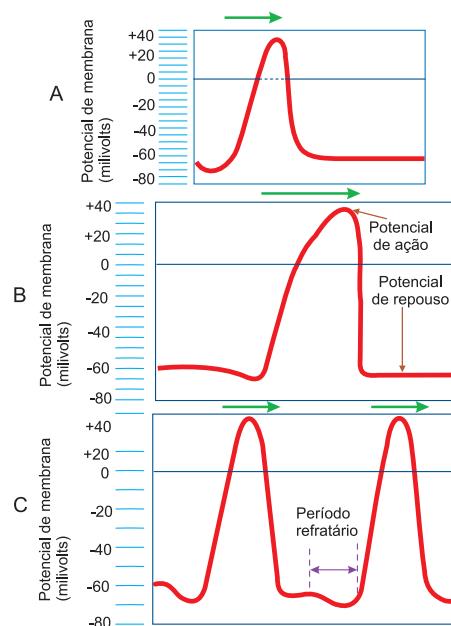
No neurônio, em razão da permeabilidade seletiva, há uma diferente distribuição de íons através da membrana, resultando um acúmulo maior de íons positivos fora da membrana (do axônio) em relação a seu interior. Essa distribuição diferencial de íons cria uma diferença de potencial que oscila ao redor de -70mV , que é o potencial de repouso (PR).

Quando um impulso nervoso se propaga pelo axônio, o que se observa é uma onda de aumento de permeabilidade provocando uma intensa entrada de íons sódio com inversão do potencial: o interior do axônio passa a ser positivo e o exterior negativo (potencial de ação [PA]). O PA é $+50\text{mV}$.

Logo após a passagem da onda de despolarização (inversão de estado elétrico), o equilíbrio iônico se estabelece e a fibra passa a estar em condições de desenvolver um novo potencial de ação (influxo). Isto ocorre por mecanismo de transporte ativo de íons com consumo de energia (ATP).

Palavras-chave:

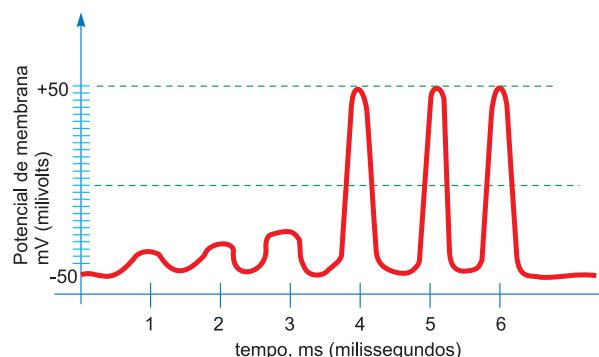
- Despolarização
- Lei do tudo ou nada



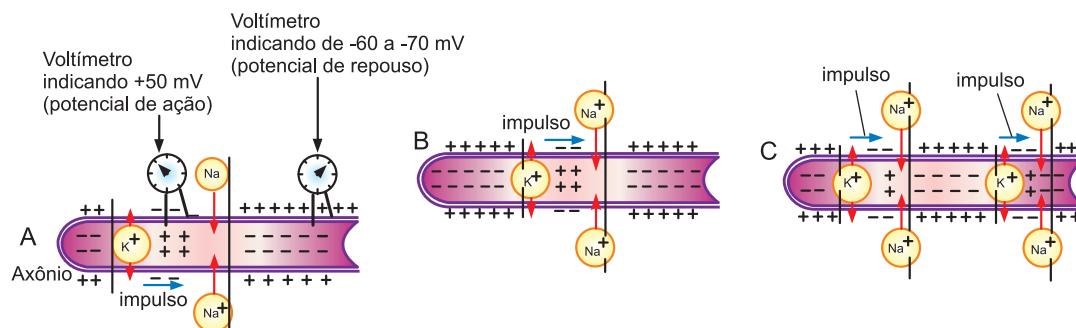
Estímulo e potencial de ação.

Na neurofibra, um estímulo muito fraco não provoca resposta, porém, quando se ultrapassa um certo valor limiar, obtém-se potencial de ação completo. Aumentos subsequentes na intensidade do estímulo produzem potenciais de ação de mesma intensidade, independentemente da intensidade do estímulo. Portanto, tem-se na neurofibra, como no miócito, um comportamento segundo a Lei Tudo ou Nada: quando todas as outras condições (temperatura, teor de oxigênio etc.) permanecem constantes, o efeito, uma vez ultrapassado o limiar de excitação-ação, é independente da intensidade do estímulo. Um outro fato interessante é que a magnitude do impulso não decai à medida que ele se desloca pela neurofibra. O impulso é, portanto, conduzido sem perdas.

O voltímetro é um aparelho utilizado em Física no estudo de sistemas elétricos. Ele serve para medir a diferença de potencial elétrico (ddp), ou seja, a tensão ou voltagem entre dois pontos. Uma das unidades usadas é o milivolt. (mV).



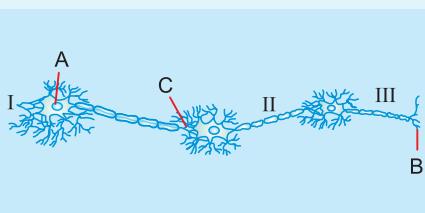
Lei do Tudo ou Nada.



Condução do impulso nervoso ao longo do axônio.

Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM)** – Após uma aula sobre o sistema nervoso, os alunos observaram um esquema incompleto deixado pelo professor na lousa.



Fizeram as afirmações a seguir sobre o esquema. A afirmação correta é:

- a) O impulso desloca-se de A para B, já que II é um axônio que é maior que III, um dendrito.

- b) O impulso desloca-se de B para A, uma vez que III é um axônio, local onde há liberação de neurotransmissores.
c) Como não foi indicada a direção de propagação do impulso nervoso, I e III podem ser dendritos ou axônios.
d) O impulso em C é bidirecional, depende da intensidade do impulso nervoso que ultrapasse o limiar de excitação.
e) A região indicada pela letra C corresponde à sinapse, local onde há a liberação de neurotransmissores.

Resolução

A letra C indica a sinapse, região de contato das células nervosas, onde é feita a transferência do impulso nervoso por mediadores químicos.

Resposta: E

- 2 (MAKENZIE)** – Alguns tipos de drogas, utilizadas no tratamento da esquizofrenia, agem

bloqueando os receptores de dopamina, um tipo de neurotransmissor, nas sinapses. A respeito desse bloqueio, é correto afirmar que

- a) ocorre no axônio de um neurônio.
b) provoca a destruição dos neurotransmissores.
c) como consequência, não há impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.
d) atrasa a condução de um impulso ao longo de um neurônio.
e) provoca a diminuição permanente da produção de ATP no neurônio pós-sináptico.

Resolução

Os neurotransmissores são liberados pelas terminações do axônio dos neurônios pré-sinápticos e impedem a geração de um impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 (VUNESP) – Observe a figura.



(Fernando Gonsales, Fliti. Modificado.)

Alguns inseticidas contêm organofosforados e carbamatos, que inibem no organismo a ação da acetilcolinesterase, enzima que degrada a acetilcolina. Aplicado na forma de aerossóis, o produto se espalha melhor, atingindo um maior número de indivíduos. Levado pelas traqueias ou absorvido pela superfície corporal dos insetos, o princípio ativo do inseticida chega aos tecidos, onde exerce sua ação. Que tecido ou sistema fisiológico é alvo da ação do inseticida e por que esse sistema entra em colapso, provocando a morte do inseto?

RESOLUÇÃO:

O alvo do inseticida é o sistema nervoso da barata. A acetilcolina é um neuro-hormônio que atua na transmissão do impulso na sinapse. Após a transmissão do impulso, ocorre a destruição desse neurotransmissor. Como o inseticida impede a degradação desse mediador químico, o sistema nervoso entra em colapso, provocando a morte do animal.

III. Na sinapse, o impulso nervoso pode ser transmitido indiferentemente em qualquer sentido, isto é, do axônio para o dendrito ou do dendrito para o axônio.

Está correto o que se afirma **somente** em

- a) I. b) II. c) III. d) I e II. e) II e III.

RESOLUÇÃO:

Resposta: D

3 (UFPE) – O impulso nervoso é um fenômeno de natureza eletroquímica, autopropagado, que caminha pela membrana do neurônio. Com relação a este assunto, podemos afirmar:

- 1) Ao ser estimulada, a membrana de um neurônio em repouso se despolariza. Na área estimulada, ocorre uma alteração momentânea na permeabilidade da membrana plasmática e a entrada de íons sódio.
- 2) Ao período de despolarização, segue-se um período de repolarização, em que o potássio se difunde para o meio extracelular. Posteriormente, a bomba de sódio e potássio restabelece os gradientes normais destes íons na célula.
- 3) Se o estímulo for de baixa intensidade, inferior ao limiar de excitação, as alterações sofridas pelo neurônio serão suficientes apenas para gerar um impulso nervoso de baixa propagação.
- 4) A membrana do neurônio em repouso é polarizada como uma pilha elétrica. Sua face interna representa o polo negativo, e a face externa funciona como polo positivo.
- 5) Axônios amielínicos transmitem o impulso nervoso mais rapidamente que os mielinizados.

Julgue os itens e assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, a associação verdadeira:

- | | |
|----------------------|----------------------|
| a) V – V – V – V – V | b) V – F – V – F – V |
| c) F – V – V – F – F | d) V – F – F – V – F |
| e) F – F – V – V – V | |

RESOLUÇÃO:

Resposta: D

4 Qual é o trajeto do influxo nervoso ao longo do neurônio?

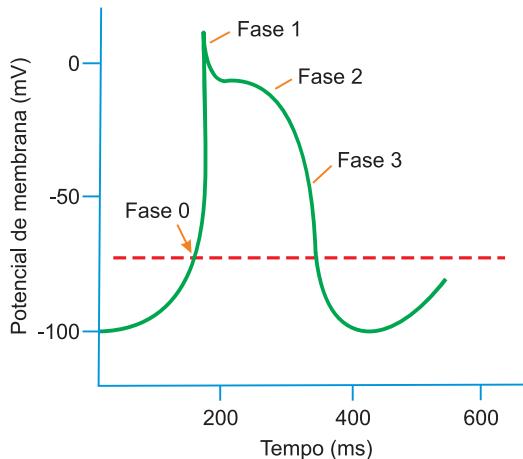
RESOLUÇÃO:

Dendritos → Corpo celular → Axônio.

2 (MODELO ENEM) – O epitélio olfativo dos mamíferos é formado por células epiteliais de sustentação e por células sensoriais, que se comunicam com outras células situadas nos bulbos olfatórios. Sobre as células sensoriais, fizeram-se as seguintes afirmações:

- I. Essas células são neurônios, cada um formado por um corpo celular e por dois tipos de prolongamentos: axônio e dendrito.
- II. A transmissão do impulso de uma célula para a outra é efetuada através de uma sinapse, não existindo continuidade citoplasmática entre as duas células.

5 (ENEM) – As células possuem potencial de membrana, que pode ser classificado em repouso ou ação e é uma estratégia eletrofisiológica interessante e simples do ponto de vista físico. Essa característica eletrofisiológica está presente na figura a seguir, que mostra um potencial de ação disparado por uma célula que compõe os miócitos condutores cardíacos (fibras de Purkinje), responsáveis por conduzir os impulsos elétricos para o tecido cardíaco, possibilitando assim a contração cardíaca. Observa-se que existem quatro fases envolvidas nesse potencial de ação, sendo denominadas fases 0, 1, 2 e 3.



O potencial de repouso dessa célula é -100 mV e, quando ocorre influxo de íons Na^+ e Ca^{2+} , a polaridade celular pode atingir valores de até $+10\text{ mV}$, o que se denomina despolarização celular. A modificação no potencial de repouso pode disparar um potencial de ação quando a voltagem da membrana atinge o limiar de disparo que está representado na figura pela linha

pontilhada. Contudo, a célula não pode se manter despolarizada, pois isso acarretaria a morte celular. Assim, ocorre a repolarização celular, mecanismo que reverte a despolarização e retorna a célula ao potencial de repouso. Para tanto, há o efluxo celular de íons K^+ .

Qual das fases presentes na figura indica o processo de despolarização e repolarização celular, respectivamente?

- a) Fases 0 e 2.
- b) Fases 0 e 3.
- c) Fases 1 e 2.
- d) Fases 2 e 0.
- e) Fases 3 e 1.

RESOLUÇÃO:

De acordo com o texto, quando ocorre influxo de íons Na^+ e Ca^{2+} , a polaridade celular pode atingir valores de até $+10\text{ mV}$ (pico da curva), o que se denomina despolarização celular. É a fase 0. A repolarização celular reverte a despolarização e a célula retorna ao potencial de repouso (-100 mV). É a fase 3.

Resposta: B



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em “localizar”, digite **BIO2M406**

Módulo

51

O ato reflexo

1. Ato reflexo

Os movimentos coordenados mais simples que você pode executar (pestanejar, espirrar ou retirar bruscamente a mão de uma chapa aquecida) parecem reações involuntárias automáticas que surgem rapidamente quando ocorrem certas modificações no ambiente. Você retira a mão da chapa aquecida mesmo antes de perceber que se queimou.

Essas reações involuntárias, que envolvem impulsos nervosos, são denominadas reflexos.

Nos reflexos, a transferência de informações percorre um caminho conhecido pelo nome de arco reflexo.

Os fenômenos que se desenvolvem nas vias nervosas desde o receptor, ao receber o estímulo, até o efetor, que dá a resposta final, denominam-se atos reflexos.

Quando é pequeno o número de neurônios envolvidos, tem-se um **ato reflexo simples** e, ao contrário, quando há um grande número de neurônios envolvidos,

Palavras-chave:

- Receptor • Via sensitiva
- Via motora

chama-se **ato reflexo complexo**. Todas as estruturas envolvidas no ato reflexo recebem, em conjunto, a denominação **arco reflexo**.

Um arco reflexo simples, como o reflexo **patelar**, ocorre da seguinte maneira: o órgão receptor do estímulo é o tendão do joelho. Um golpe desferido excita as extremidades nervosas (dendritos) dos **neurônios**, cujos corpos celulares estão localizados no gânglio raquidiano. Os axônios desses neurônios penetram na parte dorsal da medula e fazem sinapse com os dendritos dos **neurônios associativos**, cujos axônios transmitem o impulso nervoso para o terceiro grupo de neurônios – os **neurônios motores**.

Os corpos celulares desses neurônios motores estão localizados na medula em sua parte ventral (anterior) e seus axônios partem pela raiz anterior e vão excitar os músculos da coxa, provocando o movimento da perna; desenvolve-se assim o reflexo patelar. Os axônios dos neurônios associativos do arco reflexo também entram em sinapse com neurônios que transmitem o impulso

nervoso ao encéfalo e, assim, tem-se consciência do golpe sofrido no joelho.

Um arco reflexo simples, como o descrito, envolve as seguintes estruturas:

- **Receptor do estímulo** – é representado por corpúsculos sensoriais do tendão e inervados por dendritos dos neurônios sensitivos.

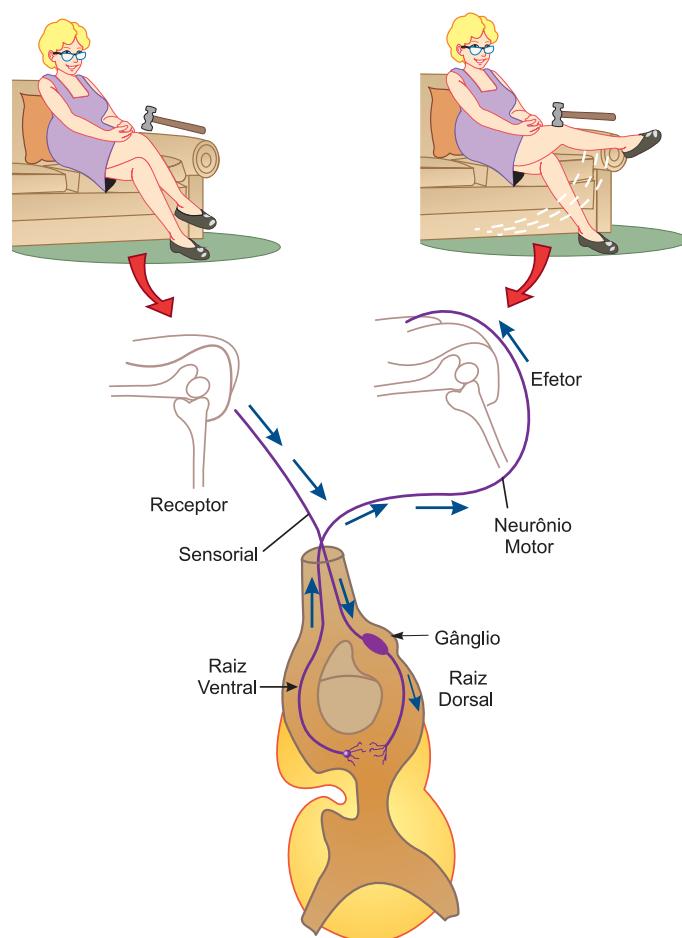
- **Via sensitiva** – representada pelos neurônios sensitivos que se dirigem para a medula pela raiz dorsal.

- **Neurônio associativo** – situado na medula, transforma a informação sensorial em ordem de ação que se propagará pelos neurônios motores. Nos reflexos complexos podem ocorrer vários neurônios de associação.

- **Via motora** – neurônios motores, que conduzem a ordem de ação para a contração dos músculos e saem da medula pela raiz ventral, chegam até o efetor.

- **Efetor** – realiza a resposta final ao estímulo e, neste reflexo patelar, está representado pelos músculos da coxa.

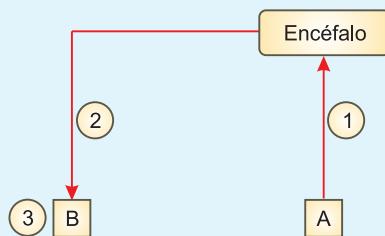
Os reflexos podem ser medulares e encefálicos. Nos reflexos medulares, como o patelar, a integração da informação ocorre na medula e é sempre automática e involuntária. Reflexos encefálicos são complexos e a integração ocorre em neurônios associativos do encéfalo.



Ato reflexo patelar – os efetores podem ser representados pelos músculos e pelas glândulas.

Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM)** – O esquema representa, de forma simplificada, inter-relações do sistema nervoso humano.



A frase que explica de forma correta o que se encontra representado no esquema é:

- a) 1 é o nervo motor que recebe informação de A que faz parte do sistema sensorial.

- b) A é um órgão que faz parte do sistema nervoso, enquanto B representa o sistema sensorial.
c) 1 e 2 representam nervos motores, enquanto A e B representam o sistema muscular.
d) 1 é nervo sensorial, enquanto 2 é nervo motor que leva informação a B, sistema muscular.
e) 2 é nervo sensorial que recebe informação do encéfalo, que foi estimulado por 1, sistema muscular.

Resolução

- 1 – nervo sensorial, 2 – nervo motor e 3 – sistema muscular.

Resposta: D

- 2 (MODELO ENEM)** – Alguns tipos de drogas, utilizadas no tratamento da esquizo-

frenia, agem bloqueando os receptores de dopamina, um tipo de neurotransmissor, nas sinapses. A respeito desse bloqueio, é correto afirmar que

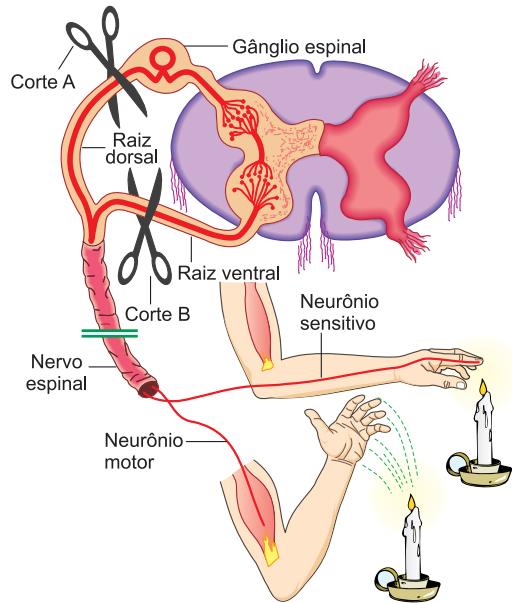
- ocorre no axônio de um neurônio.
- provoca a destruição dos neurotransmissores.
- como consequência, não há impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.
- atrasa a condução de um impulso ao longo de um neurônio.
- provoca a diminuição permanente da produção de ATP no neurônio pós-sináptico.

Resolução:

O bloqueio dos receptores de neurotransmissores impede a geração de um impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.

Resposta: C

1 (MODELO ENEM) – A figura a seguir representa um arco reflexo: o calor da chama de uma vela provoca a retração do braço e o afastamento da mão da fonte de calor. Imagine duas situações: em A, seria seccionada a raiz dorsal do nervo e, em B, a raiz ventral.



Considere as seguintes possibilidades relacionadas à transmissão dos impulsos nervosos neste arco reflexo.

- A pessoa sente a queimadura, mas não afasta a mão da fonte de calor.
- A pessoa não sente a queimadura e não afasta a mão da fonte de calor.
- A pessoa não sente a queimadura, mas afasta a mão da fonte de calor.

Indique quais dessas possibilidades aconteceriam na situação A e na situação B, respectivamente.

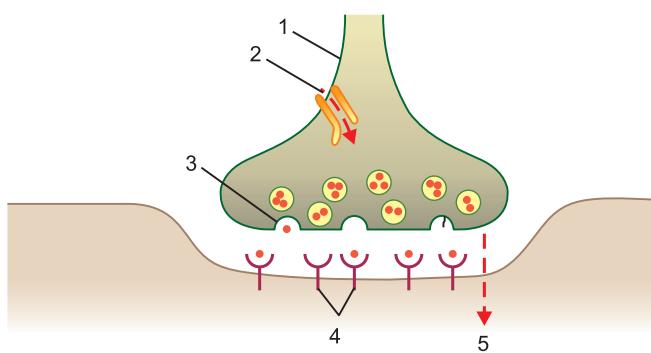
	A	B
a)	I	II
b)	I	III
c)	II	I
d)	III	III
e)	III	II

RESOLUÇÃO:

Na situação A, foi seccionada a raiz dorsal, por onde passam os neurônios sensoriais. Em B, foi seccionada a raiz ventral, por onde passam os neurônios motores.

Resposta: C

2 (UFPI) – Observe o esquema relativo à sinapse neuronal e marque a alternativa que contém somente informações corretas sobre os mecanismos funcionais pré- e pós-sináptico.



(Adaptado de: Lodish et al. *Sinapse neuronal*. 2005.)

- A polarização da membrana (1) induz a abertura de canais de cálcio (2), nos quais o influxo promove a endocitose das vesículas (3), com a abertura das vesículas sinápticas e a liberação dos neurotransmissores, que se ligam aos receptores (4); os íons Na^+ polarizam a membrana pós-sináptica (5), ocasionando o impulso nervoso.
- A polarização da membrana (1) ocasiona a liberação das vesículas sinápticas (3), as quais contêm substâncias denominadas neurotransmissores, que são mediadores químicos responsáveis pela transmissão do impulso nervoso por meio de junções comunicantes que unem as células nervosas, permitindo a passagem de íons; isso ocasiona uma conexão elétrica, promotora da transmissão do impulso nervoso, com a polarização da membrana pós-sináptica (5).
- A despolarização da membrana (1) ocasiona a abertura dos canais de cálcio (2) e o influxo de cálcio promove a exocitose das vesículas sinápticas com liberação de neurotransmissores (3), que se ligam aos receptores (4), deixando entrar íons Na^+ ; isso promove a despolarização da membrana pós-sináptica (5), ocasionando a transmissão do impulso nervoso.
- A união do neurotransmissor com o receptor (4) ocasiona somente efeitos excitatórios (3) sobre o neurônio seguinte do circuito, por causa da abertura de canais iônicos (1), os quais promovem a polarização da membrana e a transmissão do impulso nervoso (5).
- O impulso nervoso (5), em todas as sinapses (4), transmite-se por meio de mediadores químicos, os quais vão ativar receptores de outros neurônios ou de células efetoras por meio da polarização das membranas (1 e 5).

RESOLUÇÃO: Resposta: C

3 (UFRN) – Um dos benefícios do uso da radiação é o tratamento de tumores com raios gama. Um homem em tratamento com radioterapia, para combater um tumor no sistema nervoso, apresentava paralisia em um dos lados do corpo (hemiplegia). Essa paralisia ocorreu porque o tumor provavelmente havia afetado

- a) os nervos do sistema simpático.
- b) um dos hemisférios cerebrais.
- c) os nervos do sistema parassimpático.
- d) a porção lombar da medula espinhal.

RESOLUÇÃO: Resposta: B

4 (UFABC) – “Muitas pessoas já ouviram falar em serotonina, às vezes chamada de molécula do bem-estar, por seus efeitos sobre o humor. Mas poucos sabem que esse pequeno composto químico, presente em plantas e animais, além de atuar como neurotransmissor, exerce muitas outras tarefas no organismo, do estágio embrionário até a senescência – participa, por exemplo, dos processos envolvidos no comportamento alimentar.”

(Ciência Hoje, mar. 2004)

É verdadeiro afirmar que

- a) neurotransmissor é uma substância que, colocada na fenda sináptica, estimula a membrana pós-sináptica.
- b) as pessoas eufóricas têm níveis baixos de serotonina no sistema nervoso central.
- c) os precursores da síntese da serotonina são aminoácidos não essenciais.
- d) a serotonina é elaborada e secretada pela hipófise.
- e) a serotonina está envolvida na comunicação entre as células do cérebro e as fibras musculares.

RESOLUÇÃO:

Neurotransmissor é uma substância que, liberada pelo neurônio pré-sináptico, estimula a membrana do neurônio pós-sináptico.

Resposta: A

5 (EFOA) – Com relação ao sistema nervoso humano, resolva os seguintes itens:

- a) Além dos neurônios, o tecido nervoso apresenta outras células fundamentais para o seu funcionamento. Como se denominam, em conjunto, essas células?
- b) Na sinapse química, a transmissão do impulso nervoso ocorre pela liberação de mediadores químicos. Cite dois exemplos desses mediadores.

RESOLUÇÃO:

- a) Gliócitos.
- b) Adrenalina e acetilcolina.



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em “localizar”, digite **BIO2M407**

Módulo 52

Divisão do sistema nervoso

1. Divisão do sistema nervoso

O sistema nervoso central compreende o encéfalo e a medula espinhal ou nervosa. O encéfalo apresenta o cérebro, o cerebelo e o tronco, onde se localiza o bulbo.

O sistema nervoso periférico compreende nervos cranianos (do encéfalo), nervos espinhais ou raquidianos (da medula), gânglios sensoriais e simpáticos.

Os neurônios (ou fibras) que conduzem impulso ao sistema nervoso central (encéfalo e/ou medula) são denominados **neurônios aferentes** ou **sensitivos**; aqueles que conduzem do sistema nervoso central aos efetores (músculos e glândulas) são chamados **neurônios eferentes** ou **motores**.

Conectando esses neurônios (afferentes e eferentes) no sistema nervoso central, geralmente existem **neurônios de associação**.

Os corpos celulares dos neurônios aferentes estão localizados em pequenas estruturas de tecido nervoso, que se localizam, aos pares, de cada lado da superfície dorsal da medula, em cada segmento. São denominados **gânglios das raízes dorsais** ou posteriores.

Palavras-chave:

- Encéfalo • Medula • Nervos cranianos
- Nervos espinhais

Os corpos celulares dos neurônios eferentes estão localizados dentro da medula na sua porção ventral (ou anterior) e suas fibras constituem a raiz ventral ou anterior.

Os neurônios aferentes que penetram no encéfalo têm seus corpos celulares nos gânglios, perto deste.

A atividade motora da musculatura esquelética é controlada por fibras do sistema nervoso periférico através de diferentes níveis do sistema nervoso central, cerebral ou medular.

A musculatura lisa e a musculatura cardíaca, assim como as glândulas, recebem inervação do sistema nervoso autônomo.

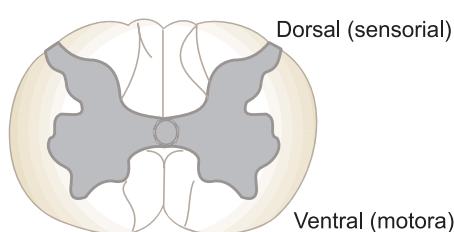
Sistema nervoso central

É constituído pelo encéfalo e pela medula, que são protegidos por três bainhas de tecido conjuntivo denominadas meninges e por ossos (crânio e coluna vertebral). A meninge que está em contato direto com o encéfalo e a medula (mais interna) é a pia-máter, a média é a aracnoide e a mais externa é a dura-máter.

O espaço entre a pia-máter e a aracnoide está preenchido pelo líquido cérebro-espinhal (líquido cefalorra-

quidiano ou liquor) cuja função é oferecer proteção ao tecido nervoso, atuando como amortecedor hidráulico contra choques e movimentos a que está sujeito. O líquido cérebro-espinhal preenche, também, os ventrículos cerebrais e o canal central (canal do epêndima).

A medula é um órgão com forma cilíndrica e estende-se do bulbo até as vértebras lombares.



Microfotografia de um corte transversal de medula nervosa.

O tecido nervoso da medula diferencia-se numa porção interna, denominada substância cinzenta, constituída por neurônios e fibras amielínicas e por células de sustentação (gliócito ou neuróglia).

A porção externa é constituída por fibras mielinizadas (que correspondem aos axônios dos neurônios da

substância cinzenta), fibras amielínicas e células de sustentação. A grande quantidade de fibras com mielina confere uma cor clara a esta parte da medula, que, por isso, é chamada substância branca.

A substância cinzenta, vista em corte transversal da medula, toma a forma da letra H dentro da substância branca.

Sistema nervoso autônomo

É a parte do sistema nervoso responsável pelas funções viscerais do organismo. Trata-se de um sistema essencialmente efetor, que regula e coordena, total ou parcialmente, pressão arterial, temperatura do corpo, contração da musculatura lisa das vísceras, batimentos cardíacos e outras atividades involuntárias. De modo geral, o sistema autônomo garante o equilíbrio do meio interno, ou seja, a homeostase.

A atividade autônoma (sistema autônomo) é em maior parte controlada pelo sistema nervoso central, principalmente pelo hipotálamo.

O sistema nervoso autônomo é dividido em sistema simpático e sistema parassimpático, que, de um modo geral, têm ação antagônica sobre os órgãos que inervam, controlando-os, respectivamente, por meio de adrenalina e acetilcolina.

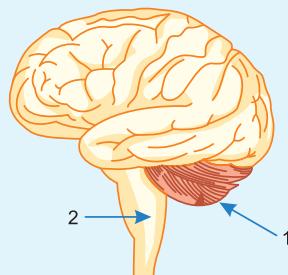
SIMPÁTICO		PARASSIMPÁTICO		
	Fibra Pré-ganglionar	Fibra Pós-ganglionar	Fibra Pré-ganglionar	Fibra Pós-ganglionar
Tamanho	curta	longa	longa	curta
Origem	medula torácica e lombar	gângrios laterais e colaterais	mesencéfalo, bulbo e medula sacral	gângrios junto aos órgãos que inervam
Mediator químico	acetilcolina (colinérgicas)	*adrenalina (adrenérgicas)	acetilcolina (colinérgicas)	acetilcolina (colinérgicas)

* As fibras que inervam os vasos sanguíneos dos músculos e as glândulas sudoríparas são colinérgicas.

O sistema nervoso autônomo.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Na figura abaixo, ilustra-se o encéfalo humano, onde duas regiões então indicadas (1 e 2). Sabendo-se que a região 1 coordena funções motoras e de equilíbrio, e que a região 2 responde, entre outros, pela deglutição, sucção, tosse, e que nela estão centros nervosos, como o respiratório, assinale a alternativa que indica, respectivamente, as regiões 1 e 2.



- a) Hipotálamo e córtex cerebral.
- b) Cerebelo e bulbo raquidiano.
- c) Bulbo raquidiano e hipotálamo.
- d) Córtex cerebral e medula espinhal.

- e) Bulbo requidiano e medula espinhal.

Resolução:

A seta 1 indica o cerebelo e a seta 2, o bulbo raquidiano.

Resposta: B

2 (MODELO ENEM) – Em acidentes em que há suspeita de comprometimento da coluna vertebral, a vítima deve ser cuidadosamente transportada ao hospital, em posição deitada e, de preferência, imobilizada. Este procedimento visa preservar a integridade da coluna, pois em seu interior passa:

- a) O ramo descendente da aorta, cuja lesão pode ocasionar hemorragias.
- b) A medula óssea, cuja lesão pode levar à leucemia.
- c) A medula espinhal, cuja lesão pode levar à paralisia.
- d) O conjunto de nervos cranianos, cuja lesão pode levar à paralisia.
- e) A medula óssea, cuja lesão pode levar à paralisia.

Resolução

A coluna vertebral protege a medula espinhal.

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 (VUNESP) – O hipotálamo, área controladora da temperatura corpórea entre outras funções, está localizado na região estrutural denominada

- a) diencéfalo.
- b) mesencéfalo.
- c) metencéfalo.
- d) mielencéfalo.
- e) telencéfalo.

RESOLUÇÃO:

Resposta: A

2 (UNIFESP) – A tabela mostra os efeitos da ação de dois importantes componentes do sistema nervoso humano.

X	Y
Contração da pupila	Dilatação da pupila
Estímulo da salivação	Inibição da salivação
Estímulo do estômago e do intestino	Inibição do estômago e do intestino
Contração da bexiga urinária	Relaxamento da bexiga urinária
Estímulo à ereção do pênis	Promoção da ejaculação

- a) A que correspondem X e Y?
- b) Em uma situação de emergência, como a fuga de um assalto, por exemplo, qual deles será ativado de maneira mais imediata? Forneça outro exemplo, diferente da tabela, da ação desse componente do sistema nervoso.

RESOLUÇÃO:

a) X corresponde ao sistema nervoso autônomo – no caso, o ramo parassimpático. Y corresponde ao sistema nervoso autônomo simpático.

b) Em situações de perigo (emergência), será ativado de maneira mais imediata o sistema nervoso simpático. O sistema simpático aumenta os batimentos cardíacos e a pressão arterial e provoca vasoconstricção periférica.

3 (ENEM) – No quadro abaixo, são fornecidos os efeitos das ações dos neurotransmissores do sistema nervoso autônomo, acetilcolina e noradrenalina, sobre a frequência cardíaca e a secreção gastrointestinal:

	Frequência cardíaca	Secreção gastrointestinal
Acetilcolina	diminui	estimula
Noradrenalina	aumenta	inibe

Se um indivíduo I for tratado com a droga A e o indivíduo II com a droga B, e sabendo-se que A e B imitam a ação do simpático e do parassimpático, respectivamente, qual das reações indicadas a seguir devemos esperar que ocorra com esses indivíduos?

	Indivíduo	Frequência cardíaca	Secreção gastrointestinal
a)	I	aumenta	inibe
	II	diminui	estimula
b)	I	aumenta	estimula
	II	diminui	inibe
c)	I	diminui	inibe
	II	aumenta	estimula
d)	I	diminui	estimula
	II	aumenta	inibe
e)	I	aumenta	inibe
	II	aumenta	estimula

RESOLUÇÃO:

O simpático libera a noradrenalina, que aumenta a frequência cardíaca e inibe a secreção gastrointestinal. O parassimpático produz a acetilcolina, que diminui o batimento cardíaco e estimula a secreção gastrointestinal.

Resposta: A

4 (ACAFE) – Sobre o tecido nervoso, a alternativa correta é:

- a) No neurônio, o estímulo é transmitido através da inversão das cargas elétricas na membrana, fazendo com que seja sempre do axônio em direção ao corpo celular.
- b) Tem origem endodérmica e possui muita substância intercelular.
- c) Único tipo celular do tecido nervoso, os neurônios têm a função de transmissão de estímulos nervosos.
- d) O potencial de ação gerado pelos neurônios depende da intensidade do estímulo, ou seja, um estímulo muito intenso gera grande potencial de ação e um estímulo pequeno gera pequeno potencial de ação.
- e) No tecido nervoso, a substância cinzenta é formada pelos corpos celulares dos neurônios e a substância branca, pelos axônios.

RESOLUÇÃO:

Resposta: E



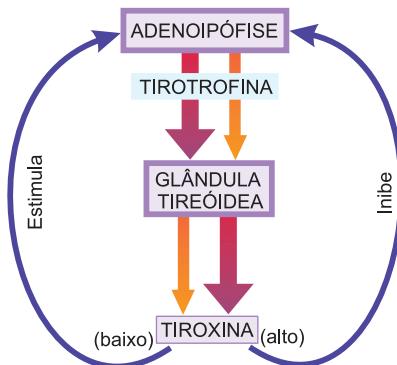
No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M408**

1. Feedback ou retroalimentação

Os hormônios são secreções produzidas pelas glândulas de secreção interna ou endócrina, que são lançadas na corrente sanguínea e influenciam especificamente na atividade de determinadas células, órgãos ou sistemas.

A regulação endócrina se faz através de um mecanismo denominado retroalimentação ou *feedback*, pelo qual o nível de um hormônio no sangue determina a estimulação ou a inibição da atividade de determinada glândula. A adenoipófise, por exemplo, estimula o desenvolvimento e funcionamento da glândula tireóidea, das glândulas性ais, do córtex da suprarrenal e, por sua vez, é regulada por essas glândulas. Quando o nível do hormônio da glândula tireóidea (tiroxina) está baixo, a adenoipófise secreta a tirotrofina, que estimula o funcionamento da glândula tireóidea. O aumento do nível da tiroxina inibe a adenoipófise na produção da tirotrofina que, por sua vez, inibe a glândula tireóidea.



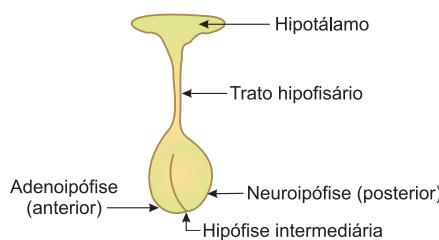
Feedback ou retroalimentação.

2. Hipófise ou pituitária

É uma glândula que no homem tem forma ovoide. Apresenta diâmetro aproximado de 1 cm.

Localização

A hipófise ou pituitária localiza-se numa pequena cavidade do osso esfenóide (sela turca), na parte central da base do crânio. Está ligada ao hipotálamo através de um pedúnculo fino, denominado tratoipofisário, imediatamente atrás do quiasma óptico.



Representação esquemática das regiões da hipófise e de sua relação com o hipotálamo (tecido nervoso).

Hormônios da Neuroipófise

São produzidos por neurônios de núcleos hipotalâmicos, descem com fibras nervosas, através do tratoipofisário, para a neuroipófise, que é apenas um reservatório de hormônios.

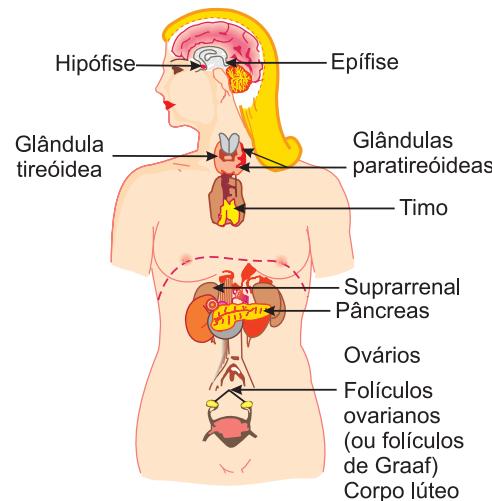
Esses hormônios são:

• Vasopressina ou Hormônio Antidiurético (ADH)

Aumenta a permeabilidade dos túbulos renais, fazendo com que ocorra maior reabsorção de água e, consequentemente, eliminação de menor volume de urina. Um aumento da concentração dos fluidos corpóreos provoca a excitação de núcleos hipotalâmicos, que enviarão impulsos para a neuroipófise que, então, libera o hormônio antidiurético. Lesões no hipotálamo ou destruição das fibras nervosas que vão à neuroipófise levam ao aparecimento da diabetes insípida, doença que surge em consequência da falta do ADH e se caracteriza por sede excessiva e intensa poliúria.

• Ocitocina

Tem dois efeitos fisiológicos: a contração da parede do útero, especialmente por ocasião do parto, e a ejeção do leite pelas glândulas mamárias. Ela age na contração dos músculos lisos da parede do útero e nas células mioepiteliais responsáveis pela ejeção do leite.



Localização das glândulas endócrinas na mulher.

Hormônio da Hipófise Intermédia

Alguns peixes, anfíbios e répteis apresentam o hormônio intermedina, que provoca a dispersão dos grânulos de pigmento dos cromatóforos, contribuindo para a proteção do animal contra predadores (mimetismo).

Hormônios da Hipófise Anterior

A adenoipófise produz hormônio de crescimento, tireotrófico (TSH), adrenocorticotrófico (ACTH) e gonadotróficos.

• Hormônio Somatotrófico

O hormônio de crescimento ou somatotrófico é importante na indução e na regulação do crescimento dos vertebrados.

A deficiência desse hormônio (hipossomatotrofismo) desde a infância leva ao aparecimento do nanismo.

O excesso do hormônio de crescimento induz ao gigantismo no animal em desenvolvimento ou à acromegalia no adulto, com crescimento exagerado dos ossos dos membros e da face e aumento dos órgãos e músculos.

• Hormônio Tireotrófico (TSH)

A tireotrofina atua estimulando a glândula tireóidea na captação do iodo do plasma e na produção de seus hormônios (tiroxina e tri-iodotironina), bem como na sua liberação ao sangue.

• Hormônio Adrenocorticotrófico (ACTH)

O ACTH atua como estimulante da secreção e liberação de glicocorticoides pelo córtex da glândula suprarrenal ou adrenal.

Esse hormônio apresenta também efeitos diretos sobre a pigmentação da pele e sobre tecidos periféricos com lipólise (digestão de gorduras).

• Hormônios Gonadotróficos

A hipófise produz três hormônios que controlam a

atividade das gônadas e dos órgãos sexuais. No caso da fêmea, intervém no ciclo, na menstruação, na ovulação, na gravidez e na lactação. A hipofisectomia resulta em atrofia desses órgãos, interrupção do ciclo menstrual e impotência.

São os seguintes hormônios:

Foliculoestimulante (FSH) – atua estimulando o desenvolvimento do folículo, na mulher, e na espermatogênese, no homem.

Hormônio luteinizante (LH) – ou hormônio estimulante das células intersticiais (ICSH), é responsável pela formação do corpo lúteo na mulher. O ICSH estimula a atividade das células intersticiais de Leydig que produzem a testosterona no homem.

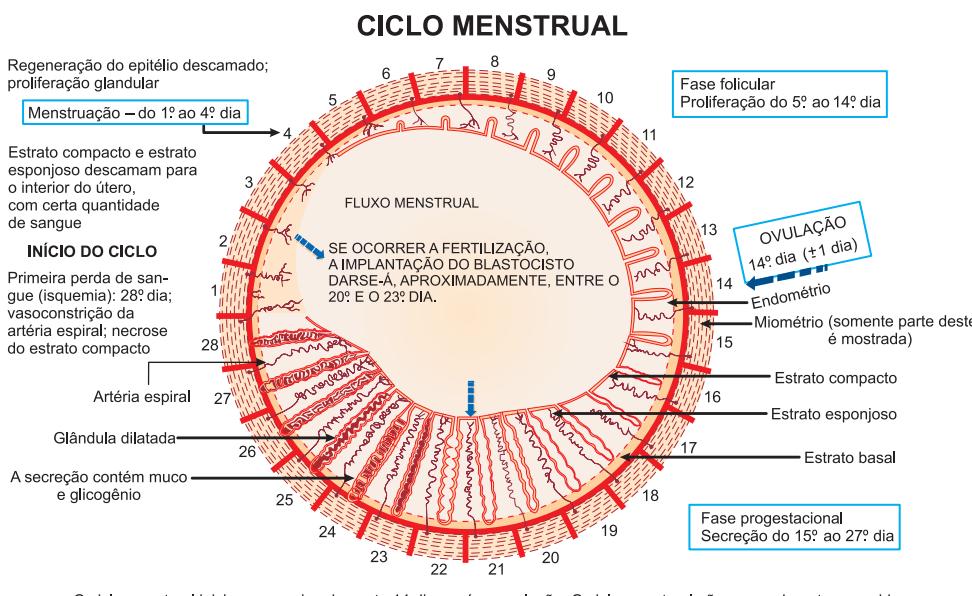
Luteotrofina ou prolactina (LTH) – mantém o corpo amarelo e estimula a contínua produção de seus hormônios; tem ação no desenvolvimento das mamas e interfere na produção do leite.

3. Glândulas sexuais

O testículo e o ovário são, respectivamente, glândulas sexuais masculina e feminina. As glândulas sexuais produzem gametas (espermatozoides e óvulos) e hormônios sexuais.

O testículo apresenta células intersticiais de Leydig (tecido localizado entre os tubos seminíferos) que já iniciam a secreção de testosterona (hormônio) durante a vida embrionária, sob a estimulação de gonadotrofinas coriônicas (produzidas pela placenta).

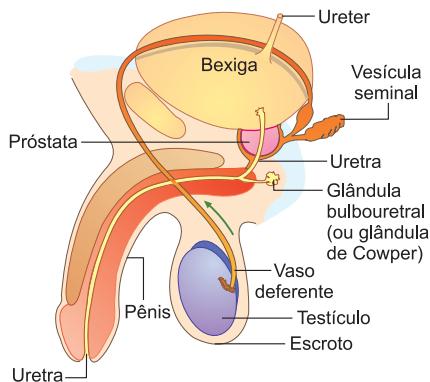
Ciclo menstrual – O esquema mostra as alterações sofridas na parede uterina durante um ciclo menstrual de 28 dias. Tais alterações são devidas à influência hormonal: a partir do 4º dia do ciclo, estendendo-se até o 14º dia, tem-se o crescimento do endométrio (fase proliferativa), devido à ação, principalmente, dos estrógenos. No 14º dia ocorre a ovulação, sob a influência do hormônio luteinizante. Do 14º ao 28º dia, sob a ação de estrógeno e, principalmente, de progesterona, tem-se maior proliferação do endométrio, com expulsão de restos celulares e sangue (menstruação), em razão da queda da taxa de progesterona.



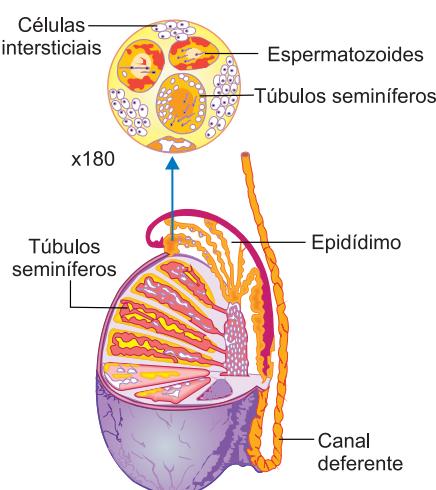
O ciclo menstrual inicia-se aproximadamente 14 dias após a ovulação. O ciclo menstrual não ocorre durante a gravidez.

As gonadotrofinas coriônicas têm função semelhante ao ICSH (hormônio estimulante das células intersticiais, produzido pela adenoipófise).

A partir da puberdade, a hipófise anterior (adenoipófise) passa a produzir maiores quantidades de hormônios gonadotróficos, como o FSH (hormônio foliculestimulante), que estimula a espermatogênese e o desenvolvimento dos tubos seminíferos, e também o ICSH (hormônio estimulante das células intersticiais), que promove a maturação dos caracteres sexuais masculinos. Esses andrógenos (especialmente a testosterona) influenciam a maturação dos espermatozoides.



Representação esquemática do aparelho reprodutor masculino.



Representação esquemática do testículo e do epidídimo do aparelho reprodutor masculino.

4. Hormônios sexuais femininos

Destacaremos estrógenos, progesterona, andrógenos e gonadotrofinas coriônicas.

Estrógenos

Os estrógenos são hormônios esteroides. São secretados constantemente, e seu nível apresenta variação nas diferentes fases da vida.

Durante a fase embrionária, têm ação principalmente

no desenvolvimento do útero e da vagina; do nascimento até a puberdade, a sua secreção é pequena; porém, a partir da puberdade, nota-se um acentuado aumento na sua secreção devido à estimulação por hormônios da hipófise.

Agem, principalmente, no desenvolvimento dos órgãos性ais e também dos caracteres性ais secundários.

Estimulam o desenvolvimento das tubas uterinas, do útero, da vagina, da genitália externa e das mamas. Na fase pré-ovulatória do ciclo menstrual, os estrógenos produzidos pelas células foliculares estimulam a proliferação do endométrio e das glândulas que aí se localizam, cuja função é colaborar na nutrição do futuro embrião.

Progesterona

A progesterona é um esteroide que prepara o organismo feminino para a gestação. Forma o endométrio (mucosa uterina) para a fixação do embrião, participando da origem da placenta (que é importante na nutrição do embrião). Esse hormônio diminui as contrações uterinas, impedindo a expulsão do embrião, e aumenta a secreção das tubas uterinas na produção de material nutritivo para o embrião.

Além disso, a progesterona estimula o desenvolvimento das glândulas mamárias e inibe a produção do FSH pela adenoipófise, que impede o desenvolvimento do novo folículo durante a gestação.

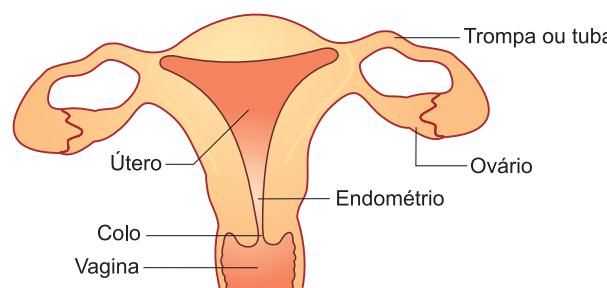
Andrógenos

Os andrógenos são esteroides. Têm ação masculinizante e são produzidos, normalmente, em pequenas quantidades pelo ovário e pela suprarrenal.

Gonadotrofinas Coriônicas

A gonadotrofina coriônica, produzida pela placenta, é uma glicoproteína (proteína associada a açúcar).

A gonadotrofina coriônica impede a involução normal do corpo amarelo (lúteo) que, portanto, permanece secretando seus hormônios durante a gravidez.



O aparelho reprodutor feminino.

5. Desenvolvimento do folículo ovariano (de Graaf)

Após a puberdade, os ovários de uma mulher apresentam diversos folículos de Graaf em diferentes estágios de desenvolvimento.

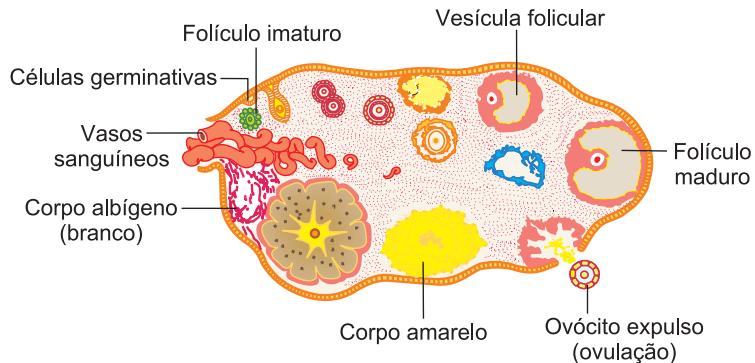
Sob a estimulação do hormônio foliculestimulante (FSH), inicia-se o crescimento dos ovários e, principalmente, dos folículos. Em cada ciclo menstrual apenas um folículo amadurece, processo que se inicia pelo desenvolvimento do óvulo imaturo (ovócito).

O folículo produz estrógenos, que inibem a produção de FSH (hormônio foliculestimulante) e estimulam a secreção do LH (hormônio luteinizante), o qual, por sua vez, acelera a maturação final do folículo e o seu rompimento com a expulsão do óvulo para a cavidade abdominal (ovulação). As células que restaram dos folículos passam a

apresentar uma granulação de **luteína** (lípide de cor amarela), constituindo a partir de então o **corpo lúteo** ou **corpo amarelo**.

A transformação de folículo em corpo amarelo deve-se à ação do hormônio luteinizante (LH). O corpo amarelo tem função endócrina, secretando principalmente progesterona e estrógeno, hormônios que tornam o organismo feminino apto para a gestação e colaboram na manutenção e nutrição do embrião. A manutenção do corpo amarelo e a estimulação para produção dos seus hormônios são controladas pelo hormônio luteotrófico (LTH), produzido pela adenopitíse.

Se não ocorrer fecundação do óvulo, o corpo amarelo regredire e desaparece antes da ovulação seguinte, deixando apenas uma cicatriz esbranquiçada no ovário, denominada corpo amarelo atrésico ou corpo albícente. No caso de o óvulo ser fecundado, o corpo amarelo persiste durante cerca de cinco meses e depois regredire.



Estágios diferentes de desenvolvimento do folículo de Graaf no ovário.

Exercícios Resolvidos

1 (FUVEST-2010) – O Índice de Massa Corporal (IMC) é o número obtido pela divisão da massa de um indivíduo adulto, em quilogramas, pelo quadrado da altura, medida em metros. É uma referência adotada pela Organização Mundial de Saúde para classificar um indivíduo adulto, com relação ao seu peso e altura, conforme a tabela abaixo.

IMC	Classificação
até 18,4	Abaixo do peso
de 18,5 a 24,9	Peso normal
de 25,0 a 29,9	Sobre peso
de 30,0 a 34,9	Obesidade Grau 1
de 35,0 a 39,9	Obesidade Grau 2
a partir de 40,0	Obesidade Grau 3

Levando em conta esses dados, considere as seguintes afirmações:

- Um indivíduo adulto de 1,70 m e 100 kg apresenta Obesidade Grau 1.
- Uma das estratégias para diminuir a obesidade na população é aumentar a altura média de seus indivíduos por meio de atividades físicas orientadas para adultos.

- III. Uma nova classificação que considere obesos somente indivíduos com IMC maior que 40 pode diminuir os problemas de saúde pública.

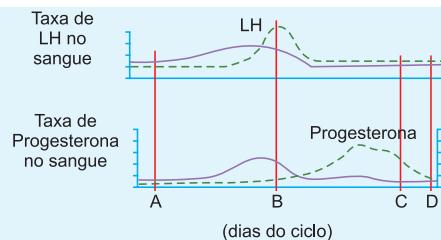
Está correto o que se afirma somente em
a) I. b) II. c) III. d) I e II. e) I e III.

Resolução

- Verdadeira, pois o Índice de Massa Corpórea de um indivíduo adulto de 1,70m e 100kg é $\approx 34,6$; portanto, o indivíduo apresenta Obesidade Grau 1, segundo a tabela.
- As atividades físicas orientadas não aumentam a altura do indivíduo. Esse aumento pode ser obtido por um tratamento hormonal.
- Uma nova classificação não interferirá nos problemas de saúde pública.

Resposta: A

- 2 (UNISA)** – Jussara, desejando engravidar, consultou um geneticista que lhe explicou através de gráficos como funcionava o seu ciclo menstrual, indicando qual o momento mais propício para ter relações sexuais.



O momento com maior probabilidade de Jussara ficar grávida está indicado pela letra

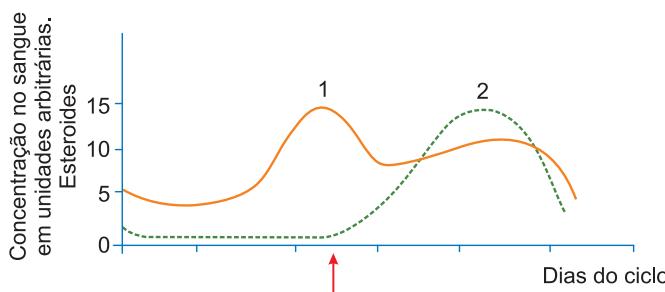
- A, pois o endométrio encontra-se pronto para a nidada.
- B, pois a taxa de LH está alta, o que provoca a maturação e rompimento do folículo ovariano.
- C, pois o endométrio está maduro para ocorrência da fecundação.
- D, pois a baixa concentração de progesterona permite o desenvolvimento de um novo folículo ovariano.
- A, pois está começando um novo ciclo menstrual com pleno desenvolvimento do folículo ovariano.

Resolução: O hormônio luteinizante (LH) provoca a ovulação e a formação do corpo amarelo.

Resposta: B

Exercícios Propostos

- 1 (MODELO ENEM)** – O gráfico mostra os níveis sanguíneos de hormônios sexuais durante o ciclo menstrual.



Pode-se dizer que as curvas 1 e 2 correspondem, respectivamente,

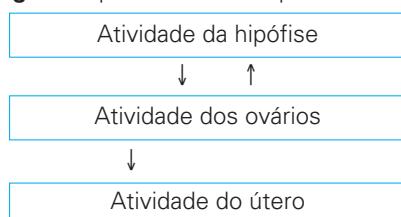
- ao hormônio luteinizante (LH) e ao hormônio foliculestimulante (FSH); a seta indica a ovulação.
- ao hormônio foliculestimulante (FSH) e ao hormônio luteinizante (LH); a seta indica a menstruação.
- à progesterona e aos estrógenos; a seta indica a ovulação.
- aos estrógenos e à progesterona; a seta indica a menstruação.
- aos estrógenos e à progesterona; a seta indica a ovulação.

RESOLUÇÃO:

A concentração sanguínea de estrógenos aumenta antes da ovulação; a de progesterona, após.

Resposta: E

- 2 (ENEM)** – Chamamos de *feedback* a um mecanismo de retroalimentação, pelo qual o nível de um hormônio no sangue determina a estimulação (*feedback* positivo) ou a inibição (*feedback* negativo) de uma glândula endócrina. Assinale a alternativa que descreve, corretamente, o mecanismo de ***feedback negativo*** que ocorre no esquema abaixo:



- A hipófise produz um hormônio que estimula a produção de um hormônio ovariano, que, por sua vez, diminui a atividade humana.
- A atividade uterina é interrompida quando os ovários não interferem na produção de hormônios pela hipófise.

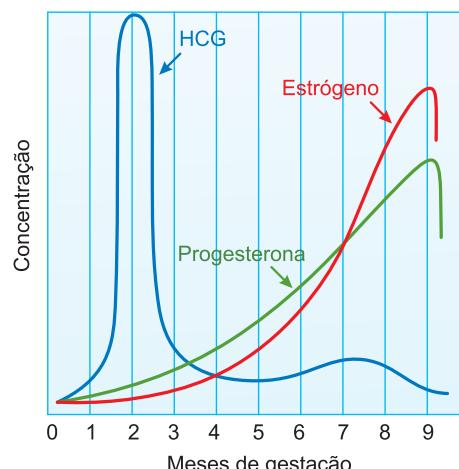
- Um hormônio da hipófise estimula a produção de um hormônio ovariano, mas este não tem efeito sobre a produção de hormônios pela hipófise.
- Um hormônio da hipófise estimula a produção de um hormônio ovariano e este, por sua vez, estimula a produção de mais hormônio pela hipófise.
- Um hormônio da hipófise estimula a produção de um hormônio ovariano, mas este inibe a produção do hormônio da hipófise.

RESOLUÇÃO:

No mecanismo de *feedback negativo*, um hormônio da hipófise estimula a produção de um hormônio ovariano, que, por sua vez, inibe a produção do hormônio hipofisário.

Resposta: E

- 3 (ENEM)** – O gráfico abaixo representa a variação nos níveis de concentração de três hormônios durante o processo normal da gestação humana.



Pelos dados do gráfico, é **incorreto** afirmar que,

- aproximadamente no segundo mês de gestação, a concentração de HCG é máxima.
- durante a gravidez, as concentrações de progesterona e estrógeno aumentam gradativamente.
- no início do parto, as concentrações de HCG, progesterona e estrógeno são altas.
- no quinto mês de gestação, a concentração de HCG é inferior às de progesterona e estrógeno.
- no final da gestação, ocorre diminuição nas concentrações de progesterona e estrógeno.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

4 Que significa teste positivo para β (HCG), ou seja, betagonadotrofina coriônica humana presente na urina e/ou no sangue de uma mulher?

RESOLUÇÃO:

Significa que a mulher está grávida.

5 (MODELO ENEM) – Na tira a seguir, faz-se referência a um caráter sexual secundário em uma espécie de felinos, cuja manifestação

NÍQUEL NÁUSEA - Fernando Gonsales



- a) é típica de animais que apresentam nível baixo de andrógenos.
- b) é típica de animais com constituição cromossômica XX.
- c) não acentua o dimorfismo sexual entre os representantes da espécie.
- d) se deve à ação dos hormônios estrógeno e progesterona.
- e) tem relação com a atividade hipofisária e gonadal dos animais.

RESOLUÇÃO:

A juba do leão, caráter sexual secundário masculino, é resultante da ação da testosterona, hormônio dos testículos cuja produção é influenciada por hormônios gonadotróficos hipofisários (hormônio estimulante das células intersticiais – ICSH).

Resposta: E



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M409**

Módulo 54

Os métodos anticoncepcionais

Palavras-chave:

- Pílula • Espermicida • DIU
- Vasectomia • Ligadura

1. Anticoncepcionais

São métodos, permanentes ou temporários, utilizados para impedir ou intervir no processo da concepção.

Para que a gravidez se concretize, é necessário que se completem as seguintes fases:

– Ovulação, processo que ocorre em torno do 14.^º dia após o início da menstruação. Durante essa fase, há uma pequena alteração na temperatura do corpo da mulher.

– Fecundação, processo da união do óvulo com o espermatozoide.

– Nidificação, processo de implantação do blastocisto na parede do útero.

Os anticoncepcionais interrompem a ocorrência dessas fases, evitando a concepção.

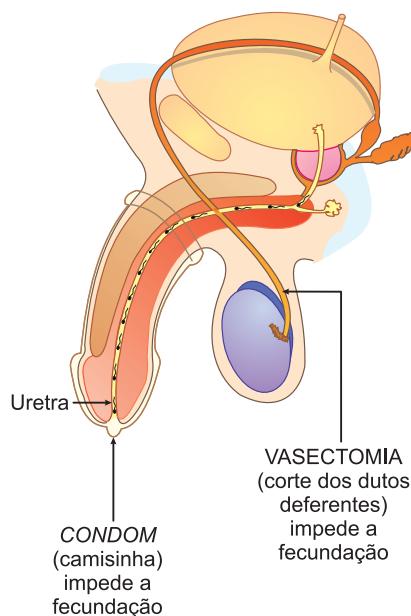
Há métodos **temporários**, como: pílula, espermicida, diafragma e DIU.

A vasectomia no homem e a ligadura tubária ou laqueadura na mulher são métodos cirúrgicos e permanentes.

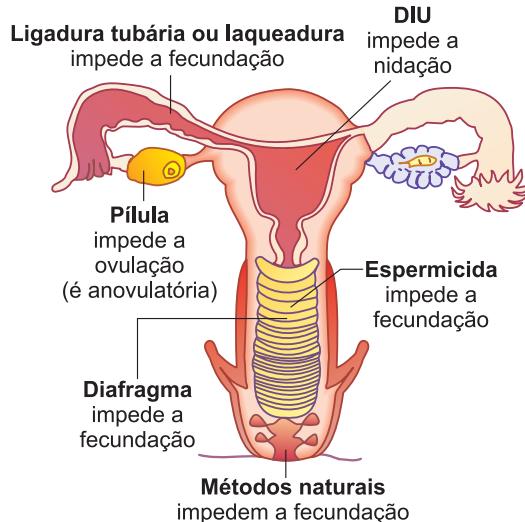
Há também os métodos **naturais**, como: curva

térmica, tabelinha, camisa de vênus ou camisinha, de Billings e coito interrompido.

MÉTODOS ANTICONCEPCIONAIS MASCULINOS



MÉTODOS ANTICONCEPCIONAIS FEMININOS



Pílula combinada



É uma associação de hormônios sintéticos (ex.: etinilestradiol e norgestrel) semelhantes aos naturais (estrógenos e progesterona).

A pílula anticoncepcional inibe o hormônio GnRH secretado pelo hipotálamo. Esse hormônio hipotalâmico promove a liberação das gonadotrofinas hipofisárias (FSH e LH).

A pílula atua, portanto, por meio de *feedback negativo* (retroalimentação negativa), impedindo o amadurecimento e a eliminação do óvulo. Ela é anovulatória.

Há também a minipílula, em cartelas de 28 comprimidos e de uso contínuo. Ela é constituída, basicamente, de progesterona sintética e estimula o aumento de secreção do muco cervical, servindo de barreira à passagem dos espermatozoides.

Espermicidas



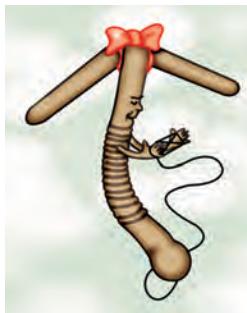
São produtos em forma de creme, espumas, esponjas ou geleias que a mulher introduz no fundo da vagina, antes do ato sexual. Eles destroem os espermatozoides antes que atinjam os óvulos, impedindo a fecundação.

Diafragma



É um dispositivo em forma de capuz, fabricado em látex (borracha) flexível. Deve ser colocado no fundo da vagina. Ele veda a passagem dos espermatozoides para o útero, evitando a fecundação.

Dispositivo intrauterino



É um pequeno objeto, em forma de Y, T ou 7 e confeccionado em cobre, que o médico introduz no interior da cavidade uterina, durante o período menstrual (o colo uterino encontra-se entreaberto). O DIU provoca uma modificação química no endométrio, dificultando a nidadação (implantação do embrião).

Para os cientistas, o DIU também estimula o aumento da secreção do muco cervical, dificultando a ascensão do espermatozoide. O cobre tem, também, uma ação espermaticida e diminui a mobilidade dos gametas masculinos.

Vasectomia



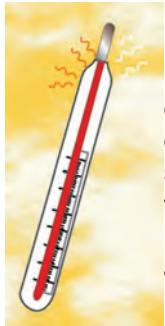
É um método anticoncepcional cirúrgico, permanente, de fácil realização, em que o médico faz uma pequena incisão em ambos os lados do saco escrotal, seccionando os canais deferentes. Isso impede que os espermatozoides produzidos nos testículos juntem-se ao material ejaculado. Não havendo espermatozoides, não ocorrerá fecundação. O indivíduo ejacula esperma (líquido nutritivo), sem espermatozoides.

Ligadura tubária ou laqueadura



É também um método anticoncepcional cirúrgico, realizado pela oclusão das trompas. A esterilização é concretizada porque o óvulo liberado é absorvido pelo próprio organismo, ficando impedido de migrar pelas trompas para ser fecundado pelos espermatozoides. Constitui uma barreira mecânica para a passagem do óvulo.

Curva térmica



É baseada no aumento da temperatura corpórea que ocorre durante o período de ovulação. O casal deve praticar abstinência sexual desde o momento em que é observada a elevação da temperatura corpórea da mulher até que esta volte ao normal, em alguns dias.

Tabelinha

Consiste na abstinência sexual durante o provável período fértil. Também é denominado "método do ritmo".

O período fértil, em mulheres de ciclos regulares de 28 dias, pode ser detectado com o auxílio de uma tabela. Ela se baseia na ovulação, que ocorre 14 dias após o início da menstruação.

Esse período vai de cinco dias antes da ovulação até cinco dias após essa data.

1º dia de menstruação							
	1	2	3	4	5	6	
7	8	9	10	11	12	13	
14	15	16	17	18	19	20	
21	22	23	24	25	26	27	
28	29	30	31				

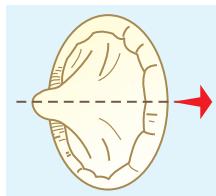
Legendas: Dia provável da ovulação → 14 Data provável da próxima menstruação → 20 PERÍODO FÉRIL → 15 a 19

Camisa de vênus ou condom

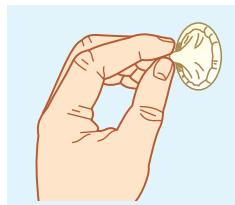
É considerado um método de barreira. Ela é fabricada em látex e colocada à disposição no mercado, em texturas e até mesmo cores diferentes, contendo ou não substâncias lubrificantes para facilitar a penetração. É "vestida" no pênis após a ereção e impede que os espermatozoides atinjam a vagina, pois, com a ejaculação, eles ficam presos dentro da camisinha.



Também é muito usada para a prevenção de doenças sexualmente transmissíveis, já que não há contato direto entre o pênis e a vagina. Sua utilização deve ser seguida à risca, de acordo com as instruções:



- Coloque sempre a camisinha antes do início do ato sexual, com o pênis ereto.



- Deixe um espaço vazio na ponta da camisinha para servir como depósito do esperma.



- Aperte o bico da camisinha até sair todo o ar, tomando cuidado para não a romper.



- Encaixe a camisinha na ponta do pênis e vá desenrolando-a.

- Se a camisinha se romper durante o ato sexual, retire o pênis imediatamente e coloque uma nova.
- Após a ejaculação, retire o pênis com cuidado, para evitar que o esperma escape, comprimindo a camisinha na sua base.
- Retirada a camisinha, embrulhe-a em papel higiênico e jogue no lixo.

Método de Billings

Baseia-se na observação do aumento do muco cervical que ocorre durante o período de ovulação. O casal pratica a abstinência sexual desde o momento em que a mulher apresenta aumento da umidade vaginal até alguns dias após essa fase.

Quando o muco fica transparente (lembrando a clara de um ovo cru), lubrificante e muito elástico, é indício de que a mulher está no período fértil. Um dia ou dois após esse ápice do muco, ocorrerá a ovulação (dia mais fértil).

Coito interrompido

É uma prática anticoncepcional muito usada pela população. Consiste na retirada do pênis da vagina antes de o homem ejacular, ou seja, antes que solte o líquido seminal. É um método pouco seguro, pois, mesmo antes da ejaculação, pode haver a saída de espermatozoides.

Riscos de Gravidez	Gestações em 100 mulheres em 1 ano
Pílula	0,1% a 0,3%
Espermicidas	6% a 15%
Diafragma	2,4% a 13%
DIU	0,5% a 5%
Vasectomia	0,15%
Ligadura tubária	0,01%
Tabelinha, curva térmica, método de Billings	25% a 40%
Camisinha	4% a 15%
Coito interrompido	15% a 23%
Minipílula	2,5%
Nenhum cuidado	80%

2. Observações gerais

- Injeções de hormônios em doses elevadas também podem ser utilizadas como anticoncepcionais.
- A pílula do dia seguinte (contracepção de emergência) é uma medicação à base de progestogênio levonorgestrel. Ela provoca um retardo ou pausa na ovulação e bloqueia a migração espermática, devido a alterações do muco cervical.

- A pílula RU-486 é um medicamento à base de mifepristona, de efeito abortivo.
- O Cytotec, remédio utilizado contra úlceras gastroduodenais, tem também um efeito abortivo, podendo até colocar em risco a vida da gestante.

Todo método anticoncepcional pode ocasionar efeitos indesejáveis à saúde do indivíduo e, portanto, só deve ser utilizado com acompanhamento médico.

Exercícios Resolvidos

1 (UFRGS) – Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações que seguem referentes a métodos contraceptivos.

- () A laqueadura tubária, ao interromper a passagem do ovócito pela tuba uterina, impede a fecundação.
- () A anticoncepção oral de emergência, ou “pílula do dia seguinte”, impede a gastrulação no embrião.
- () A vasectomia, cirurgia para a retirada da vesícula seminal, impede a produção de espermatozoides.
- () O dispositivo intrauterino impede a implantação do embrião no útero.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) F – F – F – V. b) F – V – F – V
- c) V – V – V – F. d) V – F – F – V
- e) F – V – V – F.

Resolução

A “pílula do dia seguinte” impede a fecundação e a vasectomia não impede a formação de espermatozoides.

Resposta: D

2 (MODELO ENEM) – Patrícia é uma estudante de 17 anos, cujo ciclo menstrual tem geralmente 28 dias. Seu namorado, Maurício, também estudante de 17 anos, pressionou-a muito no mês passado até que “ficaram juntos”, pela primeira vez, em uma relação sexual completa. Apesar de ambos terem-se certificado de que não têm problemas de saúde (fizeram exames para DST, incluindo AIDS, sífilis e hepatite B), estão desesperados. Transaram sem preservativo (camisinha) e, pelos cálculos de Patrícia, a relação entre os dois aconteceu,

provavelmente, durante sua ovulação, considerando que sua última menstruação ocorreu no período de 1º a 4 de junho.

Para que a relação sexual do casal possa ter ocasionado uma gravidez indesejada, essa relação deve ter ocorrido no período de

- a) 25 a 29 de junho.
- b) 8 a 11 de junho.
- c) 9 a 19 de junho.
- d) 4 a 8 de junho.
- e) 20 a 25 de junho.

Resolução

Com uso da tabelinha verificamos que a ovulação aconteceu no dia 14 (14 dias após o início da menstruação), portanto o período fértil vai de 9 (5 dias antes) a 19 (5 dias depois) de junho.

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 (VUNESP) – VIGILÂNCIA SANITÁRIA DE SP INTERDITA LOTES DE ANTICONCEPCIONAL INJETÁVEL. O Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria da Saúde de São Paulo decidiu proibir a comercialização e o uso de três lotes de determinado anticoncepcional injetável, à base de medroxiprogesterona, um hormônio sintético que, se administrado na dose recomendada, inibe a secreção dos hormônios FSH e LH pelo organismo feminino. Análises feitas pelo Instituto Adolfo Lutz apontaram que ampolas do produto contêm menor quantidade hormonal do que o previsto. Na prática, isso coloca em risco a eficácia do medicamento na prevenção da gravidez.

(Folha de S. Paulo, 8 nov. 2007)

Do ponto de vista fisiológico, explique por que o medicamento com quantidades menores de medroxiprogesterona, interditado pela Vigilância Sanitária, coloca em risco a eficácia na prevenção da gravidez.

RESOLUÇÃO:

Se a dose de medroxiprogesterona administrada for menor que a recomendada, não inibirá a secreção de FSH e LH, hormônios responsáveis pela ovulação, colocando em risco a eficácia na prevenção da gravidez.

2 (MODELO ENEM) – Um homem dosou a concentração de testosterona em seu sangue e descobriu que esse hormônio se encontrava num nível muito abaixo do normal esperado. Imediatamente buscou ajuda médica, pedindo a reversão da vasectomia a que se submetera havia dois anos. A vasectomia consiste no seccionamento dos ductos deferentes presentes nos testículos. Diante disso, o pedido do homem

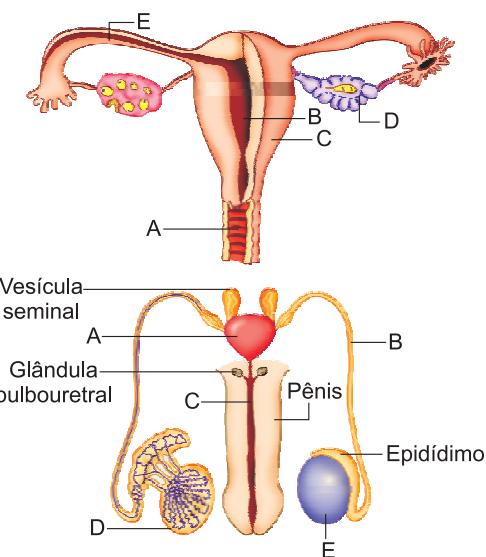
- a) não tem fundamento, pois a testosterona é produzida por glândulas situadas acima dos ductos, próximo à próstata.
- b) não tem fundamento, pois o seccionamento impede unicamente o transporte dos espermatozoides dos testículos para o pênis.
- c) tem fundamento, pois a secção dos ductos deferentes impede o transporte da testosterona dos testículos para o restante do corpo.
- d) tem fundamento, pois a produção da testosterona ocorre nos ductos deferentes e, com seu seccionamento, essa produção cessa.
- e) tem fundamento, pois a testosterona é produzida no epidídimos e dali é transportada pelos ductos deferentes para o restante do corpo.

RESOLUÇÃO:

A vasectomia apenas interrompe os ductos deferentes, não interferindo na produção de testosterona, a qual é realizada pelos testículos.

Resposta: B

3 (UNIMINAS) – As figuras seguintes mostram os esquemas dos órgãos reprodutores feminino e masculino. Analise as afirmativas abaixo e marque a soma dos itens corretos e a soma dos itens errados.



01. São órgãos internos do aparelho reprodutor masculino os testículos, as vias espermáticas e a vesícula seminal.

02. A próstata é uma glândula situada debaixo da bexiga urinária; produz um líquido que, ao misturar-se com o esperma antes da ejaculação, facilita o movimento das células sexuais.

04. Com relação ao sistema reprodutor feminino, (A) é o canal vaginal, (B) é o colo do útero, (D) é o ovário e (E) é a trompa. Comumente, a fecundação acontece quando o óvulo se encontra em (B).

08. Com relação ao sistema reprodutor masculino, (A) é a próstata, (B) é o tubo seminífero, (C) é a uretra, (D) são os canais deferentes e (E) é o testículo.

16. Nas cirurgias de esterilização masculina e feminina, são seccionados respectivamente (B) e (E).

RESOLUÇÃO:

Corretos: 01 + 02 + 16 = 19

Errados: 04 + 08 = 12

4 A “pílula do dia seguinte” é um recurso importante para mulheres que necessitam de uma contracepção de emergência; contudo, seu uso tem sido questionado. No início de 2005, as Câmaras Municipais de São José dos Campos e Jacareí (interior de São Paulo) aprovaram leis impedindo a distribuição dessa pílula às suas municíipes. A proibição ao uso da pílula foi baseada em argumentos morais e religiosos dos vereadores, que entenderam que esse método poderia ser abortivo. O Ministério da Saúde entrou com ação cível pública na Justiça Federal para permitir o acesso das mulheres ao medicamento.

- A “pílula do dia seguinte” pode ser usada como recurso para impedir a transmissão de doenças sexualmente transmissíveis entre os parceiros? Justifique.
- Qual a ação da “pílula do dia seguinte” no organismo que leva a uma contracepção de emergência? Por que é considerada um método abortivo no entendimento de alguns?

RESOLUÇÃO:

- Não. Ela não impede o contato do corpo e de fluidos (esperma, sangue etc.) entre os parceiros.**
- A “pílula do dia seguinte” provoca retardo ou pausa da ovulação e bloqueio na migração espermática em virtude das alterações no muco cervical.**

Alguns indivíduos consideram o embrião, mesmo no início da clivagem, como um ser vivo; portanto, dificultando sua implantação no útero, a pílula seria abortiva.

Outros indivíduos não consideram o embrião no início da clivagem como um ser vivo porque ele não apresenta ainda o cérebro diferenciado e, portanto, a pílula não seria abortiva.

5 (MODELO ENEM) – Flávio, que é portador do vírus da Aids, mantém uma relação estável com Simone, que não é portadora do vírus. O casal não pretende ter filhos e deseja se precaver contra o risco de Simone também adquirir o vírus. Neste caso, o procedimento mais adequado é

- Flávio submeter-se à vasectomia, procedimento adequado tanto para se evitar uma gravidez indesejada quanto para proteger sua companheira do risco de lhe transmitir o vírus.
- Simone submeter-se à laqueadura, procedimento adequado tanto para se evitar uma gravidez indesejada quanto para se proteger do risco de adquirir o vírus de seu companheiro.
- Flávio submeter-se à vasectomia e Simone à laqueadura. O primeiro procedimento evita que Flávio transmita o vírus para sua companheira, e o segundo protege Simone de uma gravidez indesejada.
- Simone tomar regularmente anticoncepcionais hormonais (pílulas anticoncepcionais) e, quando de suas relações sexuais, utilizar um creme espermicida. As pílulas protegem contra uma gravidez indesejada, e o creme garante a inativação dos espermatozoides e vírus.
- Flávio e Simone se protegerem, utilizando, quando de suas relações sexuais, a camisinha masculina (*condom*) ou a camisinha feminina (*Femidom*), adequadas tanto para se evitar uma gravidez indesejada quanto para se proteger do risco de adquirir o vírus.

RESOLUÇÃO:

A camisinha, seja masculina, seja feminina, protege do risco de adquirir o vírus e evita a gravidez indesejada.

Resposta: E



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em “localizar”, digite **BIO2M410**

1. Glândula tireóidea

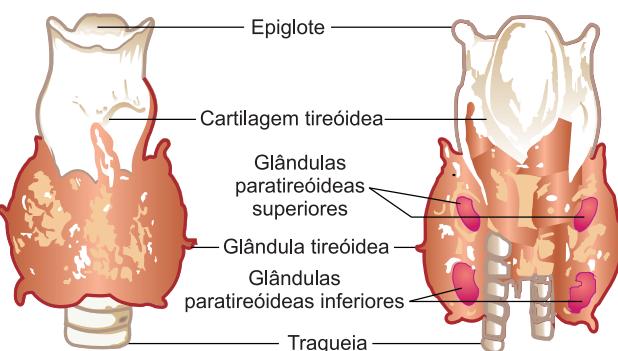
É uma glândula endócrina que pesa aproximadamente 30 gramas. A glândula tireóidea localiza-se sobre os primeiros anéis da traqueia. Apresenta dois lobos (um de cada lado da laringe) constituídos por tecido glandular endócrino e ligados por um istmo.

A glândula tireóidea produz tiroxina (tetraiodotironina) e tri-iodotironina.

A tiroxina e a tri-iodotironina são liberadas na corrente sanguínea sob a estimulação de tirotrofina (TSH), hormônio produzido pela adenoipófise e estimulante da glândula tireóidea. Esse hormônio estimula a captação do iodo pelas células dos folículos (da glândula tireóidea) e aumenta o tamanho e a atividade das células secretoras.

Os hormônios da glândula tireóidea estimulam as reações químicas (metabolismo) da maioria dos tecidos do organismo, pois aumentam a quantidade de enzimas oxidativas.

A glândula tireóidea acelera o metabolismo dos carboidratos, dos lípidos e das proteínas; tem função importante no crescimento e desenvolvimento, influindo, inclusive, no ciclo menstrual e na fertilidade.



Glândula tireóidea e glândulas paratireóideas. (Note a relação entre elas e a traqueia.)

Hipotireoidismo

As suas manifestações variam conforme a idade em que se inicia a insuficiência da glândula tireóidea.

O **hipotireoidismo congênito** traz o aparecimento de um quadro clínico denominado **cretinismo**. O afetado apresenta pequena estatura (em razão de desenvolvimento deficiente do esqueleto), cabeça grande e pernas curtas, a dentição é irregular, o desenvolvimento sexual é atrasado e há debilidade mental.

O **hipotireoidismo no adulto** traz como efeitos fisiológicos mais evidentes: queda da frequência cardíaca, apatia, aumento de peso, engrossamento e tumefação da pele (**mixedema**).

Hipertireoidismo

O indivíduo hipertireóidico apresenta: intolerância ao calor, metabolismo basal alto, aumento da frequência cardíaca, perda de peso, tremor nas mãos, nervosismo e outras perturbações psíquicas. Na maioria dos hipertireóidicos ocorre a protusão dos globos oculares (**exoftalmia**).

O bocio (papo) é um aumento de volume da glândula tireóidea em decorrência de hipo ou hiperfuncionamento da glândula. O bocio pode ser endêmico, como resultado da falta de iodo em determinadas áreas geográficas. A falta de iodo no organismo impede a transformação da tiroglobulina em tiroxina. O baixo teor de tiroxina no sangue provoca a liberação constante de tirotrofina pela hipófise (*feedback*). Essa estimulação prolongada da glândula tireóidea, por sua vez, leva à hiperplasia da glândula (bocio).

2. Glândulas paratireóideas

As glândulas paratireóides apresentam-se no homem como dois pares de glândulas ovoides que pesam cerca de 140 mg. Estão localizadas na face posterior da glândula tireóidea.

A função dessas glândulas está intimamente relacionada com o metabolismo do cálcio e do fósforo. Desempenham um papel importante na manutenção do nível normal desses íons no plasma e no líquido intercelular.

O hormônio das glândulas paratireóides, o **paratormônio**, mantém constante a relação entre cálcio e fósforo no plasma, aumenta a eliminação de cálcio e fósforo pela urina e mobiliza o cálcio dos ossos; favorece também a absorção de cálcio pelo intestino, porém, nesse caso, é indispensável a presença da vitamina D.

Hipoparatireoidismo

A falta ou insuficiência do paratormônio reduz o cálcio sanguíneo de seu nível normal e determina um aumento no nível do fósforo, enquanto a excreção renal do cálcio e do fósforo diminui. A queda acentuada no nível do cálcio sanguíneo leva ao aparecimento da **tetania** muscular, devido a uma hiperexcitabilidade dos tecidos nervoso e muscular, causada pela insuficiência dos íons cálcio no sangue.

Hiperparatireoidismo

Nos pacientes com uma hiperfunção da glândula paratireóidea, ocorre uma alteração na relação cálcio/fósforo do sangue; o nível do cálcio eleva-se muito e o nível do fósforo diminui. O excesso do hormônio determina uma grande mobilização de cálcio dos ossos, levando ao aparecimento de deformações ósseas e fraturas frequentes. Há eliminação de cálcio e de fósforo pela urina, podendo haver formação de cálculos renais devido a um depósito de cálcio.

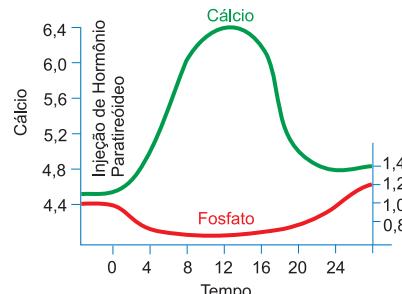


Gráfico mostrando o efeito da administração de paratormônio sobre as concentrações de cálcio e fosfato no plasma sanguíneo.

Exercícios Resolvidos

1 (ENEM) – Um grupo de nutrientes essenciais ao organismo humano é constituído por minerais. Três deles são necessários em quantidade relativamente grande: cálcio, ferro e iodo, mas sua deficiência não é rara. Assinale a opção que associa, corretamente, as colunas I e II.

I	II
1. Cálcio	A. Essencial para a síntese de hemoglobina; sua deficiência provoca anemia, uma das doenças mais frequentes no mundo.
2. Ferro	B. Forma a parte inorgânica e rígida dos ossos; sua deficiência resulta em ossos frágeis.
3. Iodo	C. É necessário para a síntese do hormônio da glândula tireóidea; sua deficiência em crianças leva à falta do hormônio e, consequentemente, ao retardamento mental irreversível.

- a) 1A – 2B – 3C
- b) 1A – 2C – 3B
- c) 1B – 2A – 3C
- d) 1C – 2A – 3B
- e) 1B – 2C – 3A

Resolução

Cálcio – estrutura óssea
Ferro – síntese de hemoglobina
Iodo – síntese de tiroxina

Resposta: C

2 (ENEM) – Um novo método para produzir insulina artificial que utiliza tecnologia de DNA recombinante foi desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Biologia Celular da Universidade de Brasília (UnB) em parceria com a iniciativa privada. Os pesquisadores modificaram geneticamente a bactéria *Escherichia coli* para torná-la capaz de sintetizar o hormônio. O processo permitiu fabricar insulina em maior quantidade e em apenas 30 dias, um terço do tempo necessário para obtê-la pelo método tradicional, que consiste na extração do

hormônio a partir do pâncreas de animais abatidos.

Ciência Hoje. 24 abr. 2001. Disponível em <http://cienciahoje.uol.com.br> (adaptado).

A produção de insulina pela técnica do DNA recombinante tem como consequência,

- a) o aperfeiçoamento do processo de extração de insulina a partir do pâncreas suíno.
- b) a seleção de microrganismos resistentes a antibióticos.
- c) o progresso na técnica da síntese química de hormônios.
- d) impacto favorável na saúde de indivíduos diabéticos.
- e) a criação de animais transgênicos.

Resolução

A utilização de bactérias geneticamente modificadas para produzir o hormônio humano insulina resulta em benefícios para a saúde dos diabéticos, que não mais desenvolvem resistência ao hormônio extraído do pâncreas de suínos e bovinos. **Resposta: D**

Exercícios Propostos

1 (F. CAMPINA GRANDE) – Os sais minerais têm variadas funções celulares. O iodo, por exemplo, participa da constituição dos hormônios da glândula tireóidea, situada junto aos primeiros anéis da traqueia, na região da garganta. A carência desse mineral resultou em problemas de saúde pública, principalmente em relação ao bócio endêmico. Uma lei brasileira tornou obrigatória a adição de iodato de potássio ao sal de consumo humano, em razão da elevada incidência de pessoas com bócio no País.

Analice as assertivas e marque a(s) correta(s):

- I. A carência do iodo promove o crescimento da glândula tireóidea.
- II. O surgimento do bócio é decorrente do suprimento de iodo à dieta.
- III. Crianças que sofrem com a escassez de iodo apresentam retardamento mental.
- IV. Uma alimentação deficiente em iodo acarreta a chamada

anemia ferropriva.

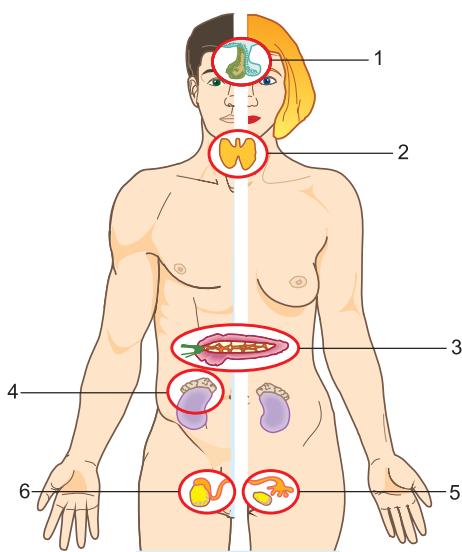
A alternativa correta é:

- a) II, III e IV apenas.
- b) I e III apenas.
- c) II apenas.
- d) II e IV apenas.
- e) II e III apenas.

RESOLUÇÃO:

Resposta: B

2 (UNIVALE) – Abaixo há uma representação esquemática das principais glândulas endócrinas em homens e mulheres.



Um indivíduo, após exposição a agrotóxicos, apresentou metabolismo reduzido, com ganho de peso, em virtude de uma alteração na glândula representada pelo número

- a) 1. b) 2. c) 3. d) 4. e) 5.

RESOLUÇÃO:

Resposta: B

3 (MODELO ENEM) – Ao contrário do que muitos pensam, a cidade de São Paulo tem uma grande quantidade de pássaros. Entre eles, inúmeros beija-flores podem ser observados na maior parte do ano. Entretanto, entre junho e setembro, o número de beija-flores diminui. Essa diminuição se deve ao fato de que esses animais entram em um período de hibernação, no qual o seu metabolismo diminui drasticamente. Nesse período, entre os mecanismos envolvidos, estão as variações nos níveis de hormônios da glândula tireóidea. A esse respeito, considere as seguintes afirmações:

- I. O fato de a hibernação ocorrer no inverno está relacionado com a diminuição da oferta de alimento. Se os animais hibernam, a competição por alimento diminui nesse período, permitindo a sobrevivência da espécie.
- II. O envolvimento dos hormônios da glândula tireóidea se deve ao fato de eles serem responsáveis pelo aumento da atividade metabólica. Durante a hibernação, o nível desses hormônios é diminuído.
- III. A atividade das mitocôndrias também é diminuída durante a hibernação, o que resulta na diminuição do metabolismo.

Assinale

- a) se todas as afirmativas forem corretas.
- b) se somente as afirmativas II e III forem corretas.
- c) se somente as afirmativas I e II forem corretas.
- d) se somente a afirmativa II for correta.
- e) se somente a afirmativa III for correta.

RESOLUÇÃO:

Todas as afirmações relacionadas ao metabolismo dos beija-flores estão corretas.

Resposta: A

4 (UFU) – Na composição celular, são encontrados vários elementos, entre os quais os sais minerais. Por serem fundamentais ao adequado funcionamento de diversas células e órgãos, esses sais aparecem em diferentes regiões do corpo humano e em diversos alimentos. Faça a correlação entre os sais minerais apresentados na **Coluna A** com as informações descritas na **Coluna B**.

Coluna A	Coluna B
1 – Ferro	a) Sua maior reserva está nos ossos; é importante na contração muscular e na cascata de coagulação sanguínea; é encontrado em folhas verdes e casca do ovo.
2 – Potássio	b) É um dos componentes da hemoglobina; é encontrado no fígado e em carnes.
3 – Iodo	c) Faz parte do esqueleto de vários animais, do processo de transferência de energia no interior da célula e da molécula de ácidos nucleicos; é encontrado em carnes, feijão, ervilha e peixes.
4 – Cálcio	d) Atua na transmissão de impulsos nervosos; é encontrado em frutas, verduras e cereais.
5 – Fósforo	e) É um importante componente de um hormônio, cuja carência pode levar à obesidade; é encontrado em frutos do mar e peixes.

Assinale a alternativa que apresenta a correlação correta.

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| a) 1-b; 2-d; 3-e; 4-a; 5-c. | b) 1-b; 2-d; 3-e; 4-c; 5-a. |
| c) 1-d; 2-b; 3-e; 4-c; 5-a. | d) 1-a; 2-d; 3-c; 4-b; 5-e. |

RESOLUÇÃO:

Resposta: A

5 (VUNESP) – Os ossos de um jovem quebravam-se com grande facilidade. Um ortopedista solicitou a dosagem do paratormônio e verificou que nesse jovem o nível desse hormônio estava muito elevado.

- a) Quais glândulas produzem o paratormônio?
- b) Qual a relação entre esse hormônio e a fragilidade óssea apresentada pelo jovem?

RESOLUÇÃO:

a) Glândulas paratireóideas.

b) O paratormônio em excesso descalcifica os ossos.



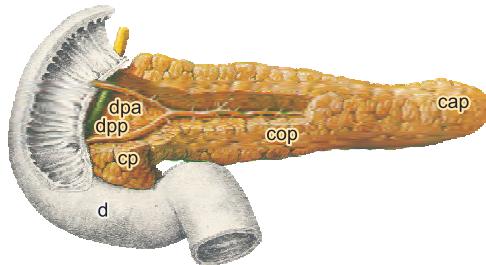
No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M411**

- Insulina • Glucagon
- Aldosterona • Cortisol

1. Pâncreas

O pâncreas é uma glândula anfícrina, ou seja, apresenta uma parte endócrina (ilhas pancreáticas ou ilhotas de Langerhans), que produz insulina e glucagon, e uma parte exócrina, que produz o suco pancreático.



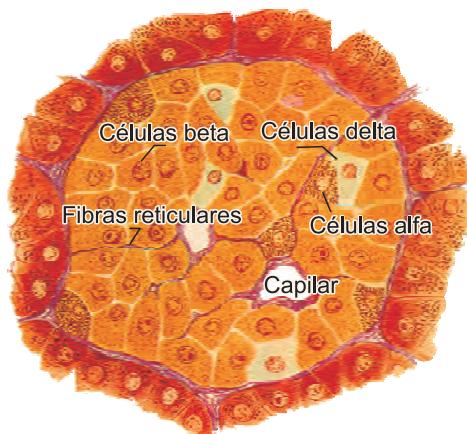
Pâncreas e duodeno seccionados.

(d = duodeno; dpa = duto pancreático acessório; dpp = duto pancreático principal; cp = cabeça do pâncreas; cop = corpo do pâncreas; cap = cauda do pâncreas).

Insulina

É um hormônio que interfere no metabolismo dos açúcares (carbohidratos), controlando o nível de glicose no sangue. Controla a produção de glicogênio pelo fígado e estimula o consumo de glicose pelos tecidos, aumentando a permeabilidade através das membranas celulares a esta substância.

O hipoinsulinismo provoca uma doença denominada *diabetes mellitus*.



Corte do pâncreas destacando as células produtoras de hormônios.

Os sintomas mais característicos do quadro clínico são a hiperglicemia e a hiperglicosúria (eliminação de excesso de glicose pela urina). A quantidade de glicose sanguínea supera o nível normal, ultrapassando os limites da reabsorção renal; portanto, o excesso é eliminado na urina.

A deficiência na produção de insulina pode depender de vários fatores, porém, geralmente, é causada por fatores genéticos.

O hiperinsulinismo é uma doença rara causada pela produção excessiva de insulina, geralmente resultante de tumor nas ilhas pancreáticas. Como consequência, advém a hipoglicemias. O excesso de insulina determina, pela hipoglicemias, o choque insulínico, que se caracteriza por grande excitabilidade do sistema nervoso central, podendo resultar em tremores, intenso nervosismo e até alucinações. Em casos mais extremos, pode levar a convulsões, perda de consciência e até mesmo ao estado de coma.

A insulina é secretada pelas células β das ilhas pancreáticas.

Glucagon

Tem uma ação antagônica à insulina, fazendo aumentar a glicemias. Estimula a glicogenólise no fígado e a liberação de glicose no sangue. A sua secreção é controlada pelo nível de glicose sanguínea. A queda do nível de glicose determina a liberação de glucagon, que, por sua atividade, restabelece a glicemias normal.

O glucagon é secretado pelas células das ilhas pancreáticas.

2. Adrenais ou suprarrenais

São glândulas que se localizam sobre o polo superior de cada rim.

A adrenal apresenta duas regiões que diferem na origem, estrutura e fisiologia: o córtex e a medula.

A medula da suprarrenal apresenta os seguintes hormônios:

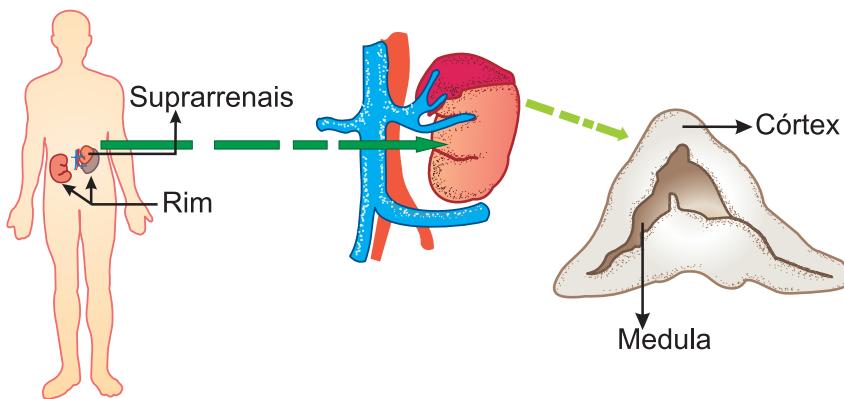
- adrenalina;
- noradrenalina.

Côrtex da adrenal

É a parte externa da glândula que envolve a medula. Tem origem embrionária mesodérmica. Os principais hormônios são: a **aldosterona** e o **cortisol**. Merecem ser citados ainda a corticosterona e os hormônios androgénicos e estrogénicos.

• Aldosterona

É também denominada mineralocorticoide. É responsável pela regulação do metabolismo salino, causando aumento na reabsorção do sódio e excreção renal do potássio. Como consequência secundária da reabsorção do sódio, a aldosterona determina uma reabsorção maior de cloro.



Adrenal ou glândula suprarrenal. (Observar a glândula em corte transversal, à direita.)

A corticosterona, em menor grau que a aldosterona, aumenta a reabsorção de sódio pelos túbulos renais.

• Cortisol

É também chamado **glicocorticoide**, por determinar aumento da concentração de glicose no sangue. Desempenha papel importante no metabolismo das proteínas e das gorduras, levando à síntese de glicose a partir dessas substâncias, o que se denomina **neoglicogênese**. A corticosterona também tem pequena função glicocorticoide.

O cortisol causa também menos consumo de glicose pelos tecidos e aumenta a resistência à insulina.

• Hormônios corticossexuais

Normalmente, há uma contínua secreção de hormônios corticossexuais – os estrógenos e a progesterona – pelo córtex da suprarrenal nos indivíduos de ambos os sexos. Os efeitos fisiológicos desses hormônios são mínimos, embora atuem juntamente com os hormônios das gônadas no desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários.

Anomalias do córtex da adrenal

• Hipoadrenalismo

Uma das manifestações do hipoadrenalismo é a doença de Addison, que se caracteriza por astenia, perda de peso, vômitos, diarreias e pigmentação excessiva da pele.

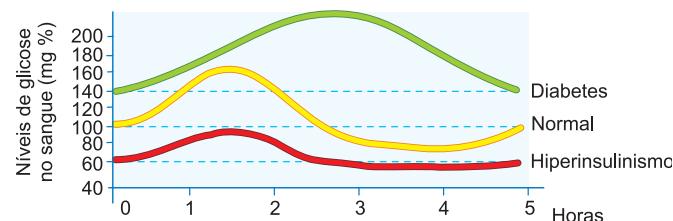
• Hiperadrenalismo

A consequência é o aparecimento da doença de

Cushing, que se caracteriza pela obesidade do rosto e do tronco sem comprometimento geral dos membros, hipertensão arterial, diminuição da tolerância à glicose, debilidade e alterações cutâneas.

• Síndrome androgenital

A hiperatividade cortical com a produção excessiva de hormônios androgênicos leva a essa síndrome. Se o hiper corticalismo surge na vida fetal, pode causar o pseudo-hermafroditismo feminino (meninas com clítoris superdesenvolvido e vários sintomas de virilização). No menino pré-púbere, ocorre desenvolvimento sexual precoce. Na mulher adulta, leva ao aparecimento de pelos no rosto e no tronco, à atrofia das mamas e à menstruação escassa ou ausente; a voz torna-se grossa e o aspecto corporal, masculino. Esse quadro denomina-se virilismo.



Curva de glicemia após a ingestão de 50 gramas de glicose. No indivíduo normal, o nível de glicose no sangue sofre um aumento e, após 3 horas, volta ao normal; no diabético, no qual não ocorre aumento da secreção de insulina após ingestão de glicose, a glicemia abaixa muito vagarosamente após 3 ou 4 horas da ingestão de glicose.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Realizado transplante de pâncreas de doador vivo. Vários médicos japoneses realizaram o primeiro transplante de tecido pancreatico de uma pessoa viva, em uma jovem que sofre de grave diabetes, anunciam hoje uma equipe médica em Kyoto, no Japão. A operação foi um sucesso, e tanto a jovem como a doadora do órgão, que era sua mãe, se encontram em situação estável... Se o corpo da filha tolerar o transplante, as células pancreaticas produzirão insulina e "é muito provável" que ela

possa levar uma vida normal, sem necessidade da injeção de insulina, declarou Shinichi Matsumoto, chefe da equipe de médicos.

(Portal Terra, 19/6/2005)
Na jovem, injeções regulares de insulina lançavam esse hormônio na corrente sanguínea. Com o transplante, as injeções não serão mais necessárias visto que o pâncreas é uma glândula

- a) exclusivamente exócrina e, como tal, lança na corrente sanguínea o suco pancreatico e os hormônios insulina e glucagon.
- b) exclusivamente endócrina e, como tal, lança

na corrente sanguínea o suco pancreatico e os hormônios insulina e glucagon.

- c) exclusivamente endócrina que produz apenas os hormônios insulina e glucagon, lançando-os na corrente sanguínea.
- d) mista. Como glândula exócrina, secreta os hormônios insulina e glucagon e, como glândula endócrina, secreta o suco pancreatico.
- e) mista. Como glândula exócrina, secreta o suco pancreatico e, como glândula endócrina, secreta os hormônios insulina e glucagon.

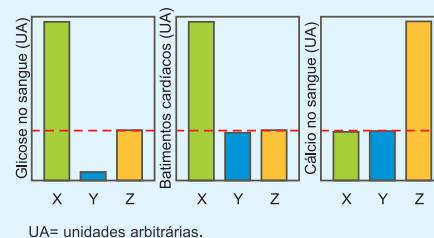
Resolução

O pâncreas é uma anfícrina ou mista, isto é, endócrina ao secretar insulina e glucagon e exócrina ao secretar o suco pancreático

Resposta: E

2 Na paixão, ocorre a desativação de áreas ligadas ao juízo crítico (André Palmini, neurocientista). Conjuntamente, os batimentos cardíacos aumentam e diferentes sensações têm sido descritas na literatura científica e poética em resposta ao estímulo da pessoa amada. Nesse processo, moléculas como a ocitocina, considerada o hormônio do amor, atuam para que essas diferentes sensações atraiam os indivíduos.

Um pesquisador, estudando esse tipo de sinalização, aplicou uma concentração fixa de três hormônios em três grupos experimentais, separadamente, e observou o efeito de cada hormônio sobre alguns parâmetros fisiológicos, apresentados no gráfico abaixo. A linha tracejada marca o nível basal do parâmetro avaliado antes do tratamento.



Observando os resultados acima, pode-se afirmar que os hormônios X, Y e Z, avaliados pelo pesquisador, são, respectivamente,

- a) adrenalina, paratormônio e insulina.
- b) insulina, paratormônio e adrenalina.
- c) adrenalina, insulina e paratormônio.
- d) paratormônio, insulina e adrenalina.
- e) paratormônio, adrenalina e insulina.

Resolução

Adrenalina – acelera os batimentos cardíacos.
Insulina – diminui a taxa de glicose no sangue.
Paratormônio – eleva a taxa de cálcio no sangue.

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 (FMCA) – As pesquisas mais recentes mostram que o diabetes é uma doença muito mais complexa do que se imaginava. Além do pâncreas, outros órgãos estão envolvidos no controle das taxas de glicose no sangue e é nesses órgãos que a medicina concentra seus esforços na busca por tratamentos mais eficazes.

- a) Descobriu-se, recentemente, que o intestino delgado produz os hormônios denominados incretinas que estimulam as células beta do pâncreas a produzirem insulina. O uso de medicamento contendo incretina tem ação hipér ou hipoglicemiante? Justifique.
- b) Alguns medicamentos que estão sendo testados inibem a reabsorção da glicose pelos rins. De que forma esses medicamentos podem ser considerados eficazes no controle do diabetes?

RESOLUÇÃO:

- a) Hipoglicemiante, ou seja, diminui a taxa de glicose no sangue porque estimula a secreção de insulina pelo pâncreas. A insulina diminui a taxa de glicose na corrente sanguínea.
- b) Os medicamentos que inibiram a reabsorção de glicose nos rins também diminuiriam a taxa de glicose no sangue porque o diabético eliminaria mais glicose na urina.

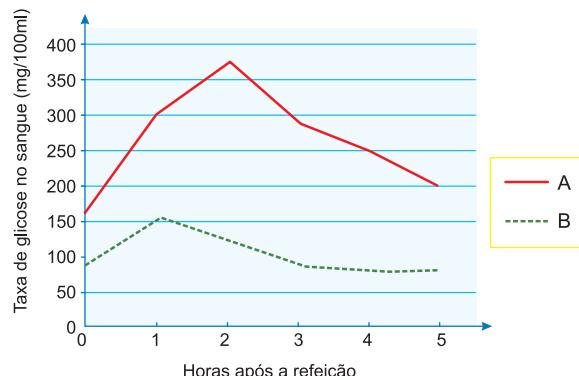
2 (UFMG) – *Diabetes mellitus* é uma disfunção do pâncreas. O indivíduo diabético pode apresentar vários sintomas, entre eles a fraqueza muscular, que é decorrente

- a) do excesso de glicose no sangue e do risco de desidratação.
- b) da conversão de glicose em glicogênio e de seu armazenamento.
- c) da redução de absorção de glicose e de seu consumo.
- d) da formação de corpos cetônicos e da redução do pH no sangue.
- e) da reabsorção do excesso de glicose pelos túbulos renais e da elevação do teor de açúcar no sangue.

RESOLUÇÃO:

Resposta: C

3 (FUVEST) – O gráfico mostra os níveis de glicose medidos no sangue de duas pessoas, sendo uma saudável e outra com diabetes melito, imediatamente após uma refeição e nas cinco horas seguintes.



- a) Identifique a curva correspondente às medidas da pessoa diabética, justificando sua resposta.
- b) Como se explicam os níveis estáveis de glicose na curva B, após 3 horas da refeição?

RESOLUÇÃO:

- a) A curva A representa um indivíduo diabético porque ocorreu uma hiperglicemias acentuada, ou seja, o nível de glicose sanguíneo ficou muito elevado, após a refeição. A queda desse nível levou mais de 3 horas.
- b) Na curva normal B, de 1 a 3 horas foi o tempo utilizado para que a glicemias voltasse ao normal por causa do hormônio insulina. Após 3 horas, a glicemias permaneceu estável em virtude da ação do hormônio glucagon.

4 (MODELO ENEM) – A PRAIA DA ADRENALINA

"O Rio Jacaré-Pepira corta a cidade de Brotas (cerca de 3 horas do stress da Capital) de ponta a ponta, possuindo níveis diferentes de dificuldades. Um deles com cerca de 9 km e saltos de até 3 m cada. É o ponto da correnteza mais forte e o preferido da turma de *rafting*.

A travessia em botes com 6 ou 8 pessoas (orientados com guias experientes) dura cerca de 4 horas. Quando o guia grita 'piso', significa perigo à frente e todos têm de se agachar dentro do bote. Aí o frio na barriga aumenta, o coração dispara e as mãos ficam vermelhas, tamanha a força para se segurar. A sensação seguinte é de alívio."

(Veja São Paulo, 23 abr. 2001)

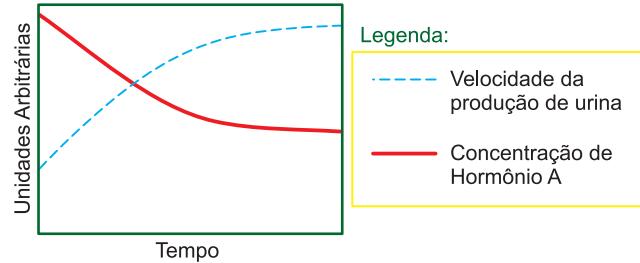
De fato, em situações desfavoráveis ou de emergência, a adrenalina é lançada no sangue, deixando o organismo em estado de prontidão e aumentando sua capacidade de reagir. Esse precioso hormônio é produzido

- a) na glândula tireóidea. b) nas glândulas paratireóideas.
- c) nas suprarrenais. d) no pâncreas.
- e) no timo.

RESOLUÇÃO:

Resposta: C

- 5 (UFF) – O gráfico abaixo representa as variações fisiológicas de um indivíduo saudável após um período de ingestão contínua de grande volume de água e antes da micção.



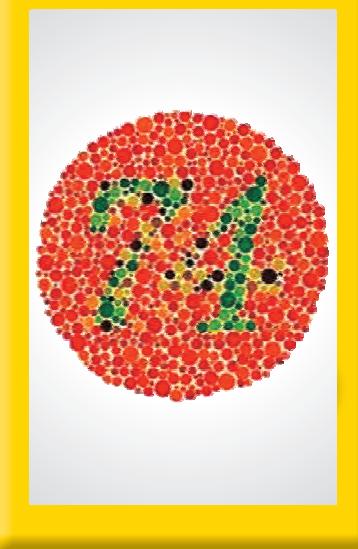
- Identifique o hormônio A, sua função e a glândula que o secreta.
- Trace, no gráfico, a curva de reabsorção de água pelo organismo do indivíduo em questão.
- No caso de aumento da concentração de potássio no sangue, informe que hormônio será produzido. Justifique.

RESOLUÇÃO:

- Hormônio antiidiurético (ADH). Seu efeito principal é aumentar a reabsorção da água, sendo produzido no hipotálamo e secretado pela neuroipofise.
- A curva de reabsorção da água deverá ser descendente e traçada de forma similar à representada para a concentração do hormônio A.
- Aldosterona, pois este é o hormônio que estimula o aumento da remoção do potássio do sangue para a urina.

**No Portal Objetivo**

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M412**



Teste para verificação do daltonismo.
Indivíduos daltônicos não conseguem
enxergar o número inserido na figura.

BIOLOGIA

Genética - Módulos

23 – Ligação factorial (*linkage*) e permutação (*crossing-over*)

24 – Mapas cromossômicos

25 – Determinação do sexo

26 – Herança ligada ao sexo

27 – Herança holândrica e influenciada pelo sexo

28 – Genética de populações

Módulo **23**

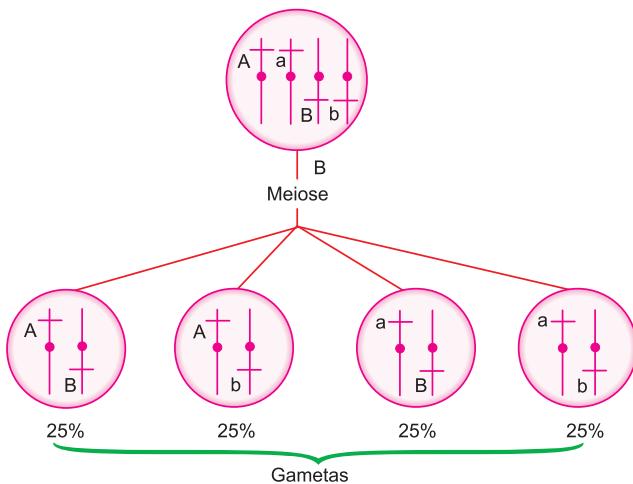
Ligação factorial (*linkage*) e permutação (*crossing-over*)

Palavras-chave:

- *Linkage*
- *Crossing-over*

1. Segregação independente

Os genes não alelos, situados em cromossomos diferentes, distribuem-se nos gametas segundo todas as combinações possíveis. Assim, um di-híbrido ($AaBb$) pode formar, em proporções idênticas, quatro tipos de gametas: AB, Ab, aB e ab, esquematizados na figura.

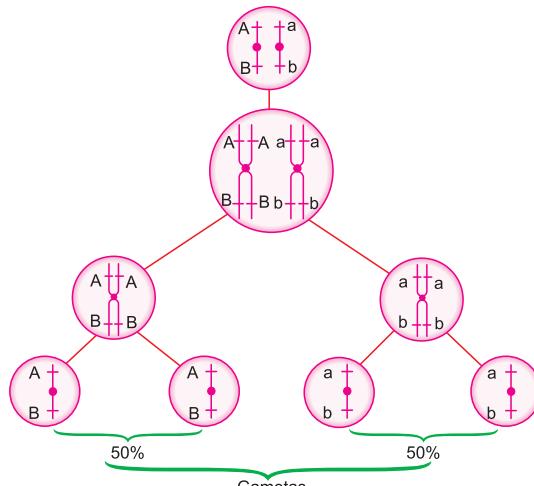


A segregação independente.

2. Ligação factorial (*linkage*)

Quando dois ou mais genes estão localizados no mesmo cromossomo, diz-se que estão ligados.

Os genes ligados (ligação factorial) não sofrem a segregação independente, ficando juntos durante a formação dos gametas.



A ligação factorial completa.

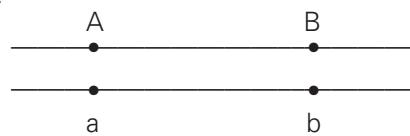
3. Representação do genótipo

Quando existe ligação gênica, os genótipos podem ser assim representados:

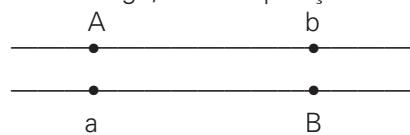
$$\begin{array}{c} AB \\ \hline ab \end{array} \text{ ou } \begin{array}{c} AB \\ \hline ab \end{array} \text{ ou } AB/ab$$

4. Híbrido cis e trans

Um di-híbrido, quando apresenta os dois genes dominantes, ligados no cromossomo homólogo, forma a chamada posição CIS.



Quando o di-híbrido apresenta um gene dominante e um gene recessivo, ligados ao mesmo cromossomo, e outro dominante ligado ao outro recessivo, no cromossomo homólogo, forma a posição TRANS.



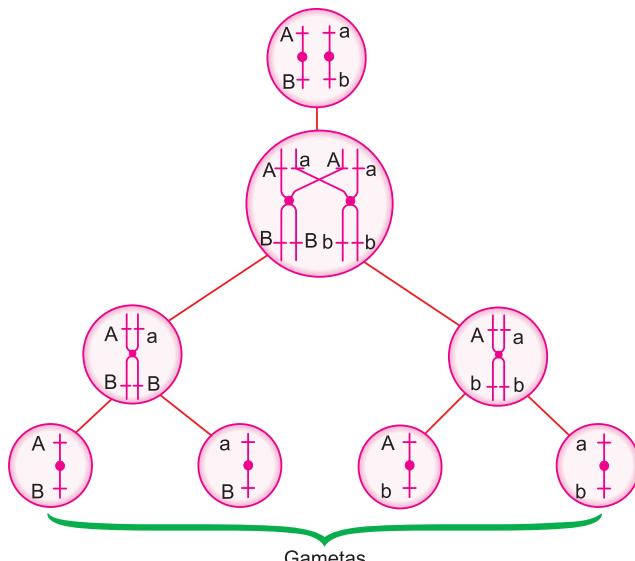
5. Recombinação ou permutação (crossing-over)

Durante a meiose, os cromossomos duplicados formam pares (sinapse) e entre eles pode ocorrer a chamada permutação ou crossing-over.

Tal fenômeno consiste na troca de segmentos entre duas cromátides homólogas. O processo envolve somente dois dos quatro fios e ocorre em qualquer ponto dos cromossomos.

Observe que dois dos gametas (AB e ab) têm os genes ligados da mesma forma em que se encontravam ligados nos cromossomos parentais. Tais gametas são resultantes das cromátides que não se envolveram na permuta e são designados tipos parentais.

Os outros dois gametas (Ab e aB), produzidos através da permuta, apresentam combinações diferentes daquelas encontradas nos pares e são denominados tipos recombinantes. Assim, temos:



A permutação.

Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM) – Em uma espécie, os loci A e B estão localizados em um mesmo cromossomo. Foi realizado um cruzamento entre um macho *cis* AaBb com uma fêmea aabb. Se a frequência de recombinação entre os loci for de 6%, a porcentagem esperada de descendentes com o genótipo da mãe é

- a) 3%. b) 6%. c) 12%.
d) 47%. e) 94%.

Resolução

(P) ♂ AB/ab x ♀ ab/ab

(F ₁)	AB/ab	ab/ab	Ab/ab	ab/ab
47%	47%	3%	3%	
94% com ligação		6% com permutação		

Resposta: D

- 2 Em certa espécie de planta, os genes dominantes **A** e **B** e seus respectivos alelos recessivos **a** e **b** situam-se no cromossomo I.

Realizou-se um cruzamento e obtiveram-se na descendência 321 plantas **Aabb**, 41 plantas **aabb**, 319 plantas **aaBb** e 40 plantas **AaBb**. O cruzamento que originou essa descendência é:

a)		x	
b)		x	
c)		x	
d)		x	

$$\begin{array}{c} A \quad b \\ \hline a \quad B \end{array} \times \begin{array}{c} a \quad b \\ \hline a \quad b \end{array}$$

Resolução

$$\begin{array}{c} A \quad b \\ \hline a \quad B \end{array} \times \begin{array}{c} a \quad b \\ \hline a \quad b \end{array}$$

$$\begin{array}{c} A \quad b \\ \hline a \quad B \end{array} \quad \begin{array}{c} a \quad B \\ \hline A \quad B \end{array} \quad \begin{array}{c} A \quad B \\ \hline a \quad b \end{array} \quad \begin{array}{c} a \quad b \\ \hline a \quad b \end{array}$$

$\underbrace{321}_{\text{Parentais}} \quad \underbrace{319}_{\text{Recombinantes}} \quad \underbrace{40}_{\text{}} \quad \underbrace{41}_{\text{}}$

Resposta: E

Exercícios Propostos

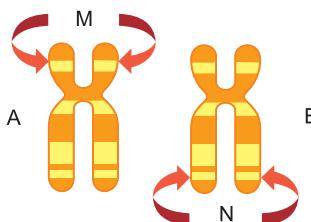
1 (FUVEST) – Suponha três espécies de organismos, 1, 2 e 3, que têm exatamente o mesmo número de cromossomos. A espécie 1 tem reprodução sexuada e na meiose ocorre permutação entre os cromossomos homólogos. A espécie 2 tem reprodução sexuada, porém, na meiose, não ocorre permutação entre os cromossomos homólogos. A espécie 3 se reproduz assexuadamente por meio de esporos. Com base na constituição genética das células reprodutivas, explique se as afirmativas a e b estão corretas ou não.

- O número de tipos de células reprodutivas, produzido pelos indivíduos das espécies 1 e 2, deve ser igual.
- O número de tipos de células reprodutivas, produzido pelos indivíduos das espécies 2 e 3, deve ser diferente.

RESOLUÇÃO:

- Não, porque a permutação aumenta a variabilidade genética durante a formação das células reprodutoras.**
- Sim, porque durante a reprodução sexuada ocorre a segregação independente, fator que promove aumento da diversidade genética.**

2 (UFRJ) – Sabendo que a maioria das mutações é deletéria (prejudicial ao organismo), o evolucionista John Maynard-Smith escreveu sobre a meiose, durante a produção de gametas: “A meiose é o equivalente a ter dois carros, um com a transmissão quebrada, outro com o motor quebrado, e, com eles, produzir um único carro que funcione”. A figura a seguir ilustra um par de cromossomos homólogos duplicados (A e B), bem como as localizações dos alelos deletérios “M” (presente somente no cromossomo A) e “N” (presente somente no cromossomo B).



Um indivíduo que possui os cromossomos A e B poderá formar gametas que não sejam portadores dos alelos M e N? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

Sim. A permutação (*crossing-over*) possibilita que o alelo deletério de um membro do par de homólogos seja trocado pelo alelo normal do outro, formando uma cromátide sem alelos deletérios. Esta cromátide dará origem a um cromossomo normal nos gametas.

3 O cruzamento entre indivíduos duplos-heterozigotos com indivíduos duplos-recessivos produziu 41,5% de indivíduos **Ab/ab**; 41,5% de indivíduos **aB/ab**; 8,5% de indivíduos **ab/ab** e 8,5% de **AB/ab**. Quais são a constituição cromossômica dos duplos-heterozigotos parentais e a distância relativa entre os genes A e B?

	Constituição cromossômica dos duplos-heterozigotos parentais	Distância relativa entre os genes A e B em unidades de recombinação
a)	AB/ab	8,6
b)	Ab/aB	17
c)	ab/AB	17
d)	Ab/aB	41,5
e)	ab/Ab	41,5

RESOLUÇÃO: Resposta: B

4 Assinale a alternativa da tabela que indica, corretamente, os tipos de gametas formados por um organismo de genótipo **AB/ab**, sabendo-se que a frequência de *crossing-over* entre os genes **A** e **B** é de 14%.

	AB	Ab	aB	ab
a)	25%	25%	25%	25%
b)	43%	7%	7%	43%
c)	7%	43%	43%	7%
d)	43%	43%	7%	7%
e)	7%	7%	43%	43%

RESOLUÇÃO:

GAMETAS	Com ligação (86%)	AB – 43%
	Com permutação (14%)	ab – 43%
GAMETAS	Ab – 7%	Ab – 7%
	aB – 7%	aB – 7%

Resposta: B

5 Qual é o resultado do cruzamento **Rs/rS x rs/rs** considerando que a frequência de recombinação é de 12%?

	RS/rs	Rs/rs	rS/rs	rs/rs
a)	44%	44%	6%	6%
b)	6%	44%	44%	6%
c)	44%	6%	6%	44%
d)	6%	44%	44%	6%
e)	25%	25%	25%	25%

RESOLUÇÃO:

P	Rs/rS x rs/rs			
	Rs – 44%	rS – 44%	RS – 6%	rs – 6%
rs	Rs/rs	rS/rs	RS/rs	rs/rs
	44%	44%	6%	6%

Resposta: B



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em “localizar”, digite **BIO2M413**

- Frequência de permutação
- Morganídeos

1. Frequência de permuta

Considere como frequência de permuta entre dois genes a porcentagem de gametas recombinantes.

No esquema abaixo, a frequência de permutação é de 10%.

Gametas	Parentais	AB – 45%
		ab – 45%
Recombinantes	Ab – 5%	aB – 5%

2. Determinação da frequência ou taxa de permutação

Determina-se a frequência de permutação por meio dos resultados obtidos num cruzamento-teste ($AB/ab \times ab/ab$), como exemplificamos a seguir:

Cruzamento	Geração
$AB/ab \times ab/ab$	AB/ab – 903
	Ab/ab – 98
	aB/ab – 102
	ab/ab – 897

$$\text{Frequência de permutação} = \frac{\text{N.º de recombinantes}}{\text{N.º total}} \times 100$$

Ou seja: Frequência de permutação =

$$= \frac{98 + 102}{2000} \times 100 = 10\%$$

3. Construção de mapas genéticos ou cromossômicos

Construir um mapa genético é determinar a posição relativa dos genes no cromossomo. Para tanto, partimos de dois princípios básicos.

1.º Os genes dispõem-se linearmente ao longo dos cromossomos.

2.º A permutação ocorre em qualquer ponto do cromossomo e, portanto, quanto maior a distância entre dois genes, maior será a probabilidade de ocorrer permuta entre eles; por outro lado, entre genes próximos diminui a probabilidade de permuta.

Convencionou-se que a frequência de permuta entre dois genes é igual à distância que os separa no cromossomo.

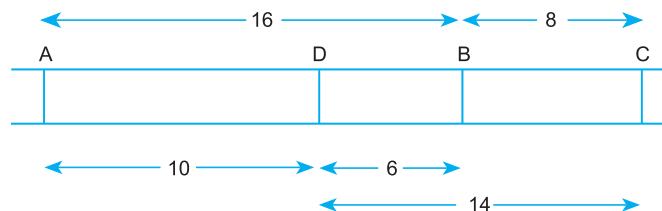
Assim, por exemplo, se a porcentagem (frequência) de permuta entre dois genes for de 10%, eles distarão de 10 unidades no mapa genético. A citada unidade foi chamada de morganídeo, em homenagem a Morgan, principal responsável por tais conceitos.

4. Exemplos práticos

Os genes A, B, C e D estão situados no mesmo cromossomo e permутam, entre si, com as seguintes frequências:

Genes	Frequência de permuta
A e B	16%
B e C	8%
A e D	10%
D e C	14%
B e D	6%

A partir desta tabela, construímos o seguinte mapa cromossômico:



Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Pela frequência de permutação (*crossing-over*), pode-se avaliar a distância que guardam entre si as posições (*loci*) de determinados genes num cromossomo. Isso tem permitido aos geneticistas estabelecer verdadeiros mapas cromossônicos, em que se determinam as posições dos diversos genes de um cromossomo.

Convencionou-se usar o morganídeo ou unidade Morgan (UM) para designar cada 1% de permutação. Assim, 7% de permutação corresponde a 7 UM de distância entre dois genes. Num determinado cromossomo, entre dois genes distantes de 8 micrômetros, ocorre 2,4% de permutação. Um terceiro gene C, situado entre A e B, permuta com A segundo uma frequência de 1,8%. A distância entre C e B em micrômetros é de

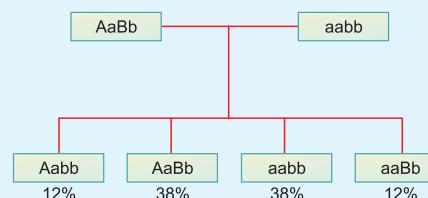
- a) 2. b) 3. c) 4. d) 6. e) 8.

Resolução

A e B – 2,4% de permutação – 8 micrômetros
 A e C – 1,8 de permutação – 6 micrômetros
 C e B – 2 micrômetros

Resposta: A

2 (MODELO ENEM) – Considere o “test-cross” abaixo indicado.



Assinale a alternativa que apresenta a posição dos genes no heterozigoto, bem como a distância que os separa.

	Posição	Distância
a)	AB/ab	24 UR
b)	Ab/aB	76 UR
c)	Aa/Bb	12 UR
d)	Ab/aB	24 UR
e)	AB/ab	72 UR

Resolução

Recombinantes {
 Aabb – 12%
 aaBb – 12%

Daí concluímos que se trata de um heterozigoto “cis” (AB/ab), estando os genes separados por 24 UR, já que a frequência de permutação é de 24%.

Resposta: A

Exercícios Propostos

1 (UNIFESP) – Os *loci* M, N, O estão localizados em um mesmo cromossomo. Um indivíduo homozigótico para os alelos M, N, O, P foi cruzado com outro, homozigótico para os alelos m, n, o, p. A geração F₁ foi então retrocruzada com o homozigótico m, n, o, p.

A descendência desse retrocruzamento apresentou

15% de permuta entre os *loci* M e N.

25% de permuta entre os *loci* M e O.

10% de permuta entre os *loci* N e O.

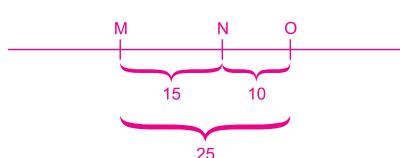
Não houve descendentes com permuta entre os *loci* M e P.

Responda:

- Qual a sequência mais provável desses loci no cromossomo? Faça um esquema do mapa genético desse trecho do cromossomo, indicando as distâncias entre os *loci*.
- Por que não houve descendentes recombinantes com permuta entre os *loci* M e P?

RESOLUÇÃO:

a)



O gene P não permutou com M porque, provavelmente, localiza-se muito próximo a ele, situado à direita ou à esquerda.

- b) Quanto maior a distância entre dois genes, maior será a probabilidade de ocorrer permuta entre eles. Entre genes muito próximos, a probabilidade de ocorrer permuta é pequena.

2 Na tabela seguinte aparecem as frequências de permuta entre cinco genes localizados num mesmo cromossomo.

Genes	Frequência de Permuta
A — B	8%
A — C	12%
A — D	4%
A — E	1%
B — C	4%
B — D	12%
B — E	9%
C — D	16%
C — E	13%
D — E	3%

De posse de tais dados, construa o mapa cromossômico.

RESOLUÇÃO:



3 (UNAERP) – Em *Drosophila*, as asas enroladas (*curled*) e a ausência de cerdas (*spineless*) são caracteres recessivos por genes localizados no mesmo cromossomo autossômico. Cruzando-se um duplo-heterozigoto com um duplo-recessivo ($CcSs \times ccss$ ou $\frac{Cs}{Cs} \times \frac{cs}{cs}$), obtiveram-se:

517 moscas do tipo selvagem

438 moscas *curled* e *spineless*

23 moscas apenas *curled*

22 moscas apenas *spineless*

Considerando as informações acima, podemos afirmar que a distância, em UR ou morganídeos, entre os genes **c** e **s** ligados é

- a) 22,5. b) 22. c) 23. d) 45. e) 995.

RESOLUÇÃO:

$$\text{Frequência de permutação} = \frac{\text{Número de recombinantes}}{\text{número total}} \times 100 = \frac{45}{1000} \times 100 = 4,5\%$$

Distância = 45UR

Resposta: D

- 4 (FUVEST)** – Os genes X, Y e Z de um cromossomo têm as seguintes frequências de recombinação:

Genes	Frequência de recombinação
X e Y	15%
Y e Z	30%
Z e X	45%

Qual a posição relativa desses três genes no cromossomo?

- a) ZXY b) XYZ c) YZX d) XZY e) YXZ

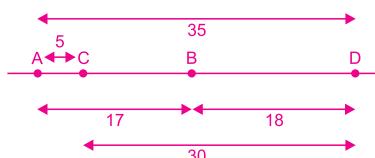
RESOLUÇÃO: Resposta: B

- 5 (VUNESP)** – Os genes A, B, C e D estão no mesmo cromossomo e apresentam as seguintes frequências de recombinação:

$$\begin{aligned}A - B &= 17\% \\A - C &= 5\% \\A - D &= 35\% \\B - D &= 18\% \\C - D &= 30\%\end{aligned}$$

A sequência mais provável destes genes no cromossomo é:

- a) A – D – C – B. b) A – B – C – D.
c) C – D – A – B. d) A – C – B – D.
e) B – D – A – C.

RESOLUÇÃO:

Resposta: D

Módulo
25

Determinação do sexo

Palavras-chave:

- Autossomos • Heterocromossomos (alossomos) • Sexo heterogamético • Sexo homogamético

1. Determinação do tipo XY

Em numerosas espécies vivas, os sexos são separados. Existe um sistema genético de determinação do sexo condicionado por cromossomos especiais designados por sexuais.

Vejamos o caso do homem. Os cromossomos humanos, em número de 46, são classificados em dois grupos: autossomos e heterocromossomos. Os autossomos são os mesmos em ambos os sexos e estão sempre aos pares. Os heterocromossomos, também designados cromossomos sexuais e alossomos, são de duas categorias: o cromossomo X e o cromossomo Y. A fêmea apresenta dois cromossomos X e o macho, um X e um Y. Portanto, podemos caracterizar os dois sexos assim:

$$XX = \text{mulher} \quad \text{e} \quad XY = \text{homem}$$

Os cromossomos sexuais segregam-se na meiose, da mesma forma que os outros pares, e isto significa que cada gameta recebe apenas um cromossomo sexual.

O sexo masculino é chamado heterogamético, porque o homem pode produzir dois tipos de espermatozoides, formados em números iguais, ou seja, metade contendo o cromossomo X e metade o cromossomo Y.

O sexo feminino é homogamético, porque cada óvulo produzido pela fêmea conterá apenas um cromossomo X. O sexo do filho é determinado no momento da fecundação do óvulo. Se ele for fertilizado por um espermatozóide portador de um cromossomo Y (além dos 22 autossomos),

o zigoto terá um X e um Y e se desenvolverá em um macho. Se o óvulo for fertilizado por um espermatozoide portador de um X, o zigoto terá dois cromossomos X, e se desenvolverá em uma fêmea. (Fig. 1)

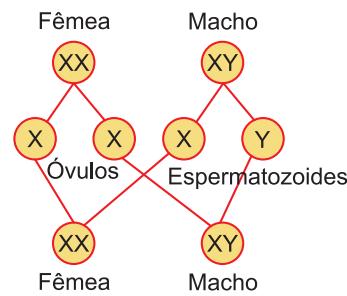


Fig. 1 – A determinação do tipo XY.

2. Outros sistemas de determinação sexual cromossômica

O sistema XY aparece no homem, nos demais mamíferos e em insetos **dípteros**. Em algumas espécies de insetos, **hemípteros** (percevejos) e **ortópteros** (gafanhotos, baratas), além de **nematoídeos** (vermes), o macho não apresenta o cromossomo Y. Nesses casos, fala-se em fêmea XX e macho XO. Tal sistema é designado XO.

No sistema ZW os cromossomos sexuais são invertidos; o macho apresenta dois cromossomos sexuais iguais, designados ZZ, enquanto a fêmea apresenta dois

diferentes, um Z e outro W. Tal sistema aparece em **lepidópteros** (borboletas, mariposas), **peixes** e **aves**.

Nos sistemas XO e ZW, a determinação segue o esquema da Fig. 2.

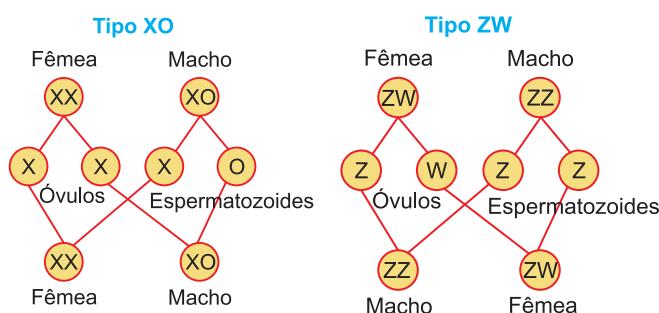
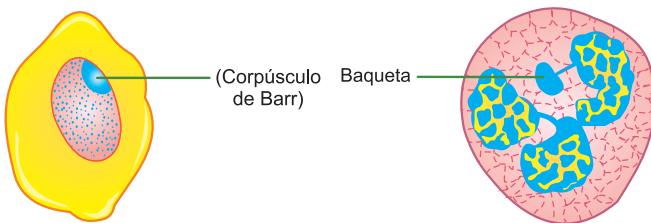


Fig. 2 – As determinações dos tipos XO e ZW.

3. Cromatina sexual

Até agora identificamos o sexo por meio do exame de cromossomos sexuais presentes no cariótipo e só evidenciados nas células em divisão.

Todavia, mesmo em células em interfase, nas quais não se distinguem os cromossomos individualmente, podemos determinar e identificar o sexo. Com efeito, as mulheres normais apresentam, em alta proporção, nos núcleos das células interfásicas, um cromocentro (grânulo de cromatina) maior que os demais e aposto à membrana nuclear. Tal grânulo, que identifica o sexo feminino, é designado cromatina sexual, ou corpúsculo de Barr. Facilmente reconhecemos o corpúsculo em esfregaços da mucosa bucal, em células de sedimentos urinários e em células nervosas, musculares lisas e em outros tecidos. Também nos glóbulos brancos do sangue ocorre uma diferença sexual. Cerca de 3% das neutrófilas das mulheres normais apresentam um grânulo ovoide de cromatina, chamado baqueta, preso por um pedúnculo a um dos lobos do núcleo. Atualmente, sabe-se que os corpúsculos de Barr são formados por apenas um dos cromossomos X da mulher, que é heteropicnótico, enquanto o outro se mantém como os autossomos, não identificável durante a interfase. (Fig. 1)



Célula da mucosa bucal.

Fig. 1 – O corpúsculo de Barr.

4. Número de corpúsculos de Barr

O número de corpúsculos de Barr é igual ao número de cromossomos X menos 1. Na espécie humana, existem indivíduos portadores de aberrações cromossômicas, com variações no número de cromossomos X. No quadro abaixo aparecem alguns desses indivíduos com suas fórmulas cromossômicas e o número de corpúsculos de Barr que apresentam.

Fórmula Cromossômica	Sexo	N.º de corpúsculos de Barr
45, X	♀	0
47, XXY	♂	1
47, XXX	♀	2
48, XXXX	♀	3

5. Haplodiploidismo

Nos **himenópteros** (abelhas, vespas e formigas), a determinação sexual não envolve cromossomos sexuais. A rainha é uma fêmea fértil, cujos óvulos fecundados produzem fêmeas diploides, enquanto os óvulos não fecundados evoluem partenogeneticamente para machos haploides. As fêmeas férteis (rainhas) ou estéreis (obreiras) são determinadas pelo tipo de alimentação que as larvas recebem durante o seu desenvolvimento.

As larvas nutridas apenas com pólen e mel se desenvolverão em operárias. Quando recebem a geleia real, uma secreção produzida pelas operárias adultas, evoluirão para rainhas. (Fig. 2)

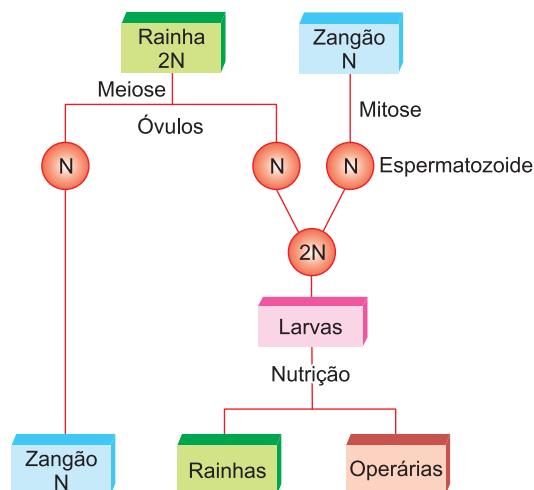
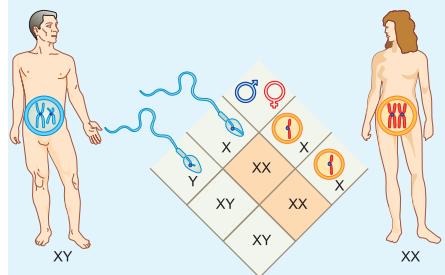


Fig. 2 – O haplodiploidismo.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Os cromossomos X e Y definem o sexo de uma espécie, sendo que o par XY define um animal macho e o par XX define uma fêmea. No cruzamento de dois animais, observa-se que alguns espermatozoides carregam o cromossomo X e outros, o cromossomo Y, enquanto todos os óvulos da fêmea carregam um cromossomo X. O diagrama a seguir mostra o cruzamento de um macho XY e uma fêmea XX.



Considerando esses dados, qual é a probabilidade de um casal ter um filho do sexo masculino?

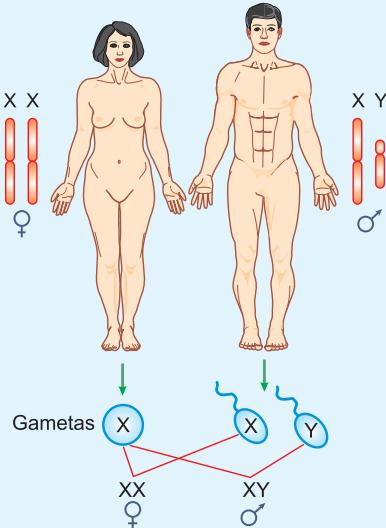
- a) $\frac{1}{8}$ b) $\frac{1}{4}$ c) $\frac{1}{3}$

- d) $\frac{1}{2}$ e) $\frac{3}{4}$

Resolução: Resposta: D

2 (MODELO ENEM) – Observe a figura.

Sistema XY



1 As células somáticas do cão apresentam 78 cromossomos.

Considerando esse dado, responda:

- Quantos cromossomos têm seus gametas?
- Quantos pares de autossomos tem seu cariótipo?
- Quantos pares de cromossomos homólogos apresentam suas células reprodutoras?
- Quantos heterocromossomos têm suas células somáticas?
- Quantos autossomos têm seus gametas?

RESOLUÇÃO: a) 39 b) 38 c) 0 d) 2 e) 38

2 Em determinada espécie animal, verificou-se que o macho apresenta 35 cromossomos e a fêmea, 36. Que tipo de determinação cromossômica deverá ocorrer em tal espécie? Qual será a constituição cromossônica do macho e da fêmea? Quantos cromossomos aparecem nos gametas?

RESOLUÇÃO:

- Determinação do tipo XO.
- Macho = 35, X; fêmea = 36, XX.
- Óvulos = 18; espermatozoides = 17 ou 18.

3 Na drosófila, no gafanhoto, no homem e nas aves, a constituição genética do macho normalmente é representada, respectivamente, pelos símbolos

- XY – XY – XX – ZZ.
- XY – XY – XY – XY.
- XX – XY – XX – ZW.
- XY – XX – XY – ZW.
- XY – XO – XY – ZZ.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

No que se refere à determinação genética do sexo, pode-se dizer que

- os genes do cromossomo X são todos recessivos, o que implica que, para que se desenvolvam as características sexuais femininas, são necessários de dois cromossomos X.
- a presença do cromossomo Y no zigoto determina a formação de testículos no embrião em desenvolvimento.
- o cromossomo X carrega apenas os genes responsáveis pela diferenciação sexual feminina, enquanto o cromossomo Y carrega apenas os genes responsáveis pela diferenciação sexual masculina.
- a presença de um único cromossomo sexual determina anomalias no desenvolvimento do indivíduo: síndrome de Turner, se o único cromossomo sexual presente for o X, e síndrome de Klinefelter, se o único cromossomo sexual presente for o Y.
- os cromossomos X e Y não têm qualquer papel na diferenciação sexual masculina ou feminina, sendo os responsáveis por essa diferenciação os hormônios testosterona e progesterona, respectivamente.

Resolução: O cromossomo Y determina a formação de testículos no embrião.

Resposta: B

Exercícios Propostos

1 As células somáticas do cão apresentam 78 cromossomos.

Considerando esse dado, responda:

- Quantos cromossomos têm seus gametas?
- Quantos pares de autossomos tem seu cariótipo?
- Quantos pares de cromossomos homólogos apresentam suas células reprodutoras?
- Quantos heterocromossomos têm suas células somáticas?
- Quantos autossomos têm seus gametas?

RESOLUÇÃO: a) 39 b) 38 c) 0 d) 2 e) 38

2 Em determinada espécie animal, verificou-se que o macho apresenta 35 cromossomos e a fêmea, 36. Que tipo de determinação cromossômica deverá ocorrer em tal espécie? Qual será a constituição cromossônica do macho e da fêmea? Quantos cromossomos aparecem nos gametas?

RESOLUÇÃO:

- Determinação do tipo XO.
- Macho = 35, X; fêmea = 36, XX.
- Óvulos = 18; espermatozoides = 17 ou 18.

3 Na drosófila, no gafanhoto, no homem e nas aves, a constituição genética do macho normalmente é representada, respectivamente, pelos símbolos

- XY – XY – XX – ZZ.
- XY – XY – XY – XY.
- XX – XY – XX – ZW.
- XY – XX – XY – ZW.
- XY – XO – XY – ZZ.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

4 O número normal de cromossomos humanos numa célula somática é 46, ou 23 pares de cromossomos homólogos. Num óvulo de mulher normal, encontramos o seguinte número cromossômico:

- 23 pares de cromossomos.
- 23 cromossomos autossônicos.
- 22 cromossomos autossônicos mais 1 cromossomo sexual Y.
- 22 cromossomos autossônicos mais 1 cromossomo sexual X.
- 44 cromossomos autossônicos mais 2 sexuais XX.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

5 As abelhas constituem exemplo de himenópteros sociais, cujas fêmeas monogaméticas põem, em "células" distintas dos favos, ovos não fecundados (óvulos).

Estes últimos

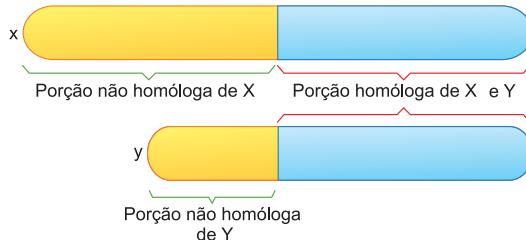
- são estéreis, não se desenvolvendo.
- desenvolvem-se em larvas estéreis, origem das operárias.
- possuem o cromossomo sexual.
- desenvolvem-se, por partenogênese, nos machos (zangões).
- dão origem às rainhas haploides, novamente monogaméticas.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

- Gene ligado ao sexo
- Daltonismo • Hemofilia

1. Cromossomos X e Y

Os cromossomos X e Y apresentam um segmento homólogo, contendo genes alelos e duas regiões não homólogas, com genes não alelos. (Fig. 1)



2. Herança ligada ao sexo

É a herança de genes situados no segmento não homólogo do cromossomo X. Tais genes são exclusivos do cromossomo X, não existem no cromossomo Y e sua herança é designada como ligada ao sexo. Exemplificaremos tal herança em drosófila e no homem.

Cor dos olhos em drosófila

Em drosófila os genes que condicionam cor vermelha (B) e branca (b) situam-se no cromossomo X, possibilitando os seguintes genótipos e fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
X^BX^B	olho vermelho
X^BX^b	vermelho
X^bX^b	olho branco
X^BY	olho vermelho
X^bY	olho branco

Como as fêmeas têm dois cromossomos X, elas podem ser tanto homozigotas (X^BX^B) quanto heterozigotas (X^BX^b) para um gene ligado ao sexo.

Como o macho possui apenas um desses genes, ele é conhecido como hemizigoto.

Daltonismo

O daltonismo é uma anomalia para a visão de cores. O daltônico tem deficiência na distinção das cores vermelha, verde e azul. A anomalia é condicionada por um gene recessivo (d) ligado ao sexo, sendo a visão normal condicionada por gene (D) dominante. Assim teremos:

Genótipos	Fenótipos
X^DX^D	normal
X^DX^d	normal portadora
X^dX^d	daltônica
X^DY	normal
X^dY	daltônico

Hemofilia

A hemofilia é uma anomalia condicionada por um gene recessivo h. Caracteriza-se pela falta de coagulação no sangue; devido a isso, qualquer pequeno ferimento pode provocar a morte por hemorragia. Estudos genéticos indicam que, geralmente, a hemofilia só atinge os homens, sendo as mulheres portadoras. A ausência de mulheres hemofílicas é determinada pela baixa frequência do gene h, que é igual a 1/10 000. Isto significa que um em cada 10 000 homens um é afetado. A probabilidade de uma mulher afetada é igual a 1/10 000 x 1/10 000, ou seja, situação extremamente rara.

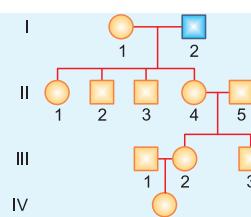
Genótipos	Fenótipos
X^HX^H	normal
X^HX^h	normal portadora
X^hX^h	hemofílica
X^HY	normal
X^hY	hemofílico

Exercício Resolvido

- 1 (MODELO ENEM) – A genealogia a seguir mostra quatro gerações de uma família, em que o patriarca I-2 é afetado por uma doença genética ligada ao cromossomo X e recessiva.

A moça IV-1 está grávida de um menino e quer saber qual a chance de seu filho nascer com a doença de seu bisavô. Pode-se afirmar que a probabilidade de que o filho de IV-1 seja afetado é

- a) nula.
b) 1/16.
c) 1/8.
d) 1/4.
e) 1/2.



Resolução:

Alelos: A (normal) e a (doença genética)
 II-4 = X^AX^a
 $P(III-2 X^AX^a) = 1/2$
 $P(IV-1 X^AX^a) = 1/2$
 $P(III-2 X^AX^a \text{ e } IV-1 X^AX^a \text{ e menino } X^aY) = 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/8$

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 Em drosófila, o gene que condiciona olho vermelho **B** é dominante sobre o que condiciona olho branco **b**. Sabe-se que tais genes estão situados no cromossomo X, tratando-se, portanto, de herança ligada ao sexo. Indique os resultados do cruzamento de uma fêmea de olho vermelho heterozigota com um macho de olho branco.

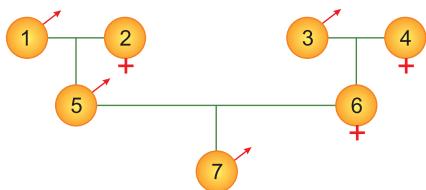
RESOLUÇÃO:

$$X_B X_b \times X_b Y$$

	X_B	X_b
X_b	$X_B X_b$	$X_b X_b$
Y	$X_B Y$	$X_b Y$

Fêmeas: 50% de olhos vermelhos e 50% de olhos brancos.
Machos: 50% de olhos vermelhos e 50% de olhos brancos.

2 (PUC) – Na genealogia abaixo, os indivíduos 1, 4 e 6 têm visão normal, enquanto 2 e 3 são daltônicos.



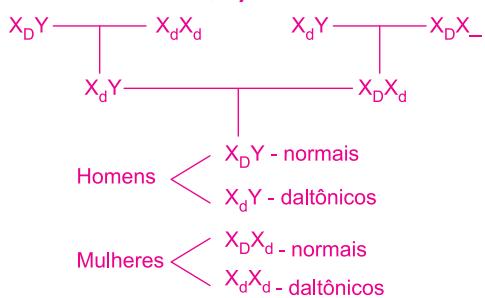
Sabendo-se que o gene para o daltonismo é recessivo e localizado no cromossomo X, responda:

- Qual o fenótipo do indivíduo 5 para o referido caráter?
- Que tipos de descendentes o casal 5-6 poderá ter em relação a esse caráter? (Dê os genótipos e os fenótipos dos descendentes.)

RESOLUÇÃO:

a) O indivíduo n.º 5 é daltônico ($x^d Y$).

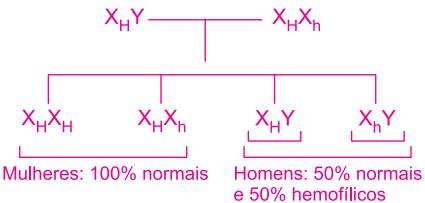
b)



3 Um homem normal, cujo pai sofre de hemofilia, casa-se com uma mulher normal, cujo pai também era hemofílico. A respeito da descendência deste casal, pode-se dizer que a proporção esperada de hemofílicos será de

- todas as mulheres afetadas.
- todos os homens afetados.
- 100% dos filhos (ambos os sexos).
- 50% dos filhos (sexo masculino).
- 50% das filhas.

RESOLUÇÃO:



Resposta: D

4 Um casal tem uma criança de sexo masculino e hemofílica. É correto afirmar, com certeza, que

- o pai é normal.
- o pai é normal e a mãe é hemofílica.
- o pai e a mãe são hemofílicos.
- ela recebeu da mãe o gene para a hemofilia.
- se ela tiver um irmão, este será hemofílico também.

RESOLUÇÃO:

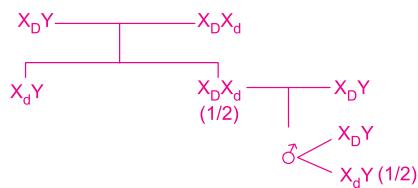
O gene da hemofilia é transmitido da mãe para o filho de sexo masculino, através do cromossomo X.

Resposta: D

5 Uma mulher com visão normal perguntou ao médico se o seu filho poderia ser daltônico. O médico obteve as seguintes informações: um dos irmãos da mulher é daltônico; seus pais são normais; o marido é normal. O médico, então, respondeu:

- o seu filho, qualquer que seja o sexo, certamente não será daltônico.
- é de 25% a probabilidade de seu filho, sendo do sexo masculino, ser daltônico.
- é de 50% a probabilidade de seu filho, sendo do sexo masculino, ser daltônico.
- é de 75% a probabilidade de seu filho, sendo do sexo masculino, ser daltônico.
- é de 75% a probabilidade de seu filho, sendo do sexo feminino, ser normal.

RESOLUÇÃO:



$$1/2 \cdot 1/2 = 1/4 \text{ ou } 25\%$$

Resposta: B

- Gene holândrico
- Gene influenciado pelo sexo

1. Herança holândrica ou restrita ao sexo

Os chamados genes holândicos situam-se na parte não homóloga do cromossomo Y. Tais genes só ocorrem nos indivíduos de sexo masculino e passam de geração a geração sempre pela linhagem masculina.

Atuando isoladamente, o gene holândico nunca apresenta dominância ou recessividade.

Como exemplo, no homem, citaremos o responsável pela hipertricose, que é a presença de pelos longos nas orelhas.

2. Herança parcialmente ligada ao sexo

Os cromossomos X e Y apresentam um segmento que é comum aos dois, designado segmento homólogo e contendo genes alelos. A herança de tais genes é chamada de herança parcialmente ligada ao sexo.

3. Herança influenciada pelo sexo

É aquela em que os genes se comportam como dominantes em um sexo e recessivos no outro. Tais genes não se localizam nos heterocromossomos, mas sim nos autossomos. O caso típico é o gene da calvície; no homem o gene C condicionador da calvície é dominante, nas mulheres é recessivo. Todo o indivíduo CC será calvo, qualquer que seja o sexo, enquanto o indivíduo Cc será calvo somente se for do sexo masculino. Dessa maneira, podemos estabelecer os seguintes genótipos e fenótipos:

Genótipos	Fenótipos	
	Mulher	Homem
CC	Calva	Calvo
Cc	Normal	Calvo
cc	Normal	Normal

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Na espécie humana a calvície é um exemplo clássico de herança influenciada pelo sexo ou variação de dominação. O gene C_1 que condiciona a calvície é dominante no homem e recessivo na mulher, em relação ao gene C_2 responsável pela condição normal. Na tabela abaixo aparecem os genótipos e fenótipos.

Genótipos	Fenótipos	
	Homem	Mulher
C_1C_1	Calvo	Calva
C_2C_2	Normal	Normal
C_1C_2	Calvo	Normal

Um homem calvo, filho de pai normal, casa-se com uma mulher normal, filha de mãe calva. Do casamento nasceu uma menina. Qual é a probabilidade de ela ser calva?

- a) 1/2 b) 1/4 c) 1/8 d) 3/4 e) 3/8

Resolução:

Pais: $C_1C_2 \times C_1C_2$

F1: $C_1C_1 - C_1C_2 - C_1C_2 - C_2C_2$

$P(\text{menina ser calva}) = P(C_1C_1) = 1/4$

Resposta: B

2 (MODELO ENEM) – No gado bovino da raça Ayrshire, a cor mogno é determinada pelo genótipo A_1A_1 e a cor vermelha, pelo genótipo A_2A_2 ; mas o genótipo A_1A_2 é mogno nos

machos e vermelho nas fêmeas. Você está observando uma vaca Ayrshire de cor mogno e seu filhote vermelho, que é

- um macho de genótipo A_1A_1 .
- um macho de genótipo A_1A_2 .
- uma fêmea de genótipo A_1A_1 .
- uma fêmea de genótipo A_1A_2 .
- uma fêmea de genótipo A_2A_2 .

Resolução:

A vaca mogno é A_1A_1 e um desses genes o filhote herdou. Se o filhote é vermelho e tem um gene A_1 , só pode ser uma fêmea de genótipo A_1A_2 .

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 Na maioria dos casos, a herança holândica é condicionada por genes recessivos. Certo ou errado? Por quê?

RESOLUÇÃO:

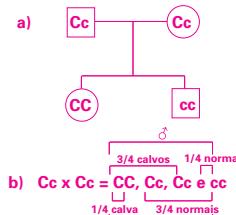
Errado, pois agindo isoladamente os genes holândicos nunca são classificados como dominantes ou recessivos.

2 Um homem calvo, casado com uma mulher não calva, tem uma filha calva e um filho não calvo.

- Quais são os genótipos do casal?
- Qual será a probabilidade de este mesmo casal ter uma criança que seja do sexo masculino e calvo?

- c) Qual será a probabilidade de o casal ter uma criança do sexo feminino e também calva?

RESOLUÇÃO:



b) $Cc \times Cc = CC, Cc, Cc \text{ e } cc$

$1/4 \text{ calva} \quad 3/4 \text{ normais}$

c) $P(\text{calvo}) = 1/2 \cdot 1/4 = 1/8$

3 Um cidadão inglês de nome Edward Lambert, nascido em 1717, tinha a pele escamada e precisava ser constantemente descamada. Os pelos de seu corpo eram semelhantes ao do ouriço e, em consequência, foi denominado "o homem porco-espinho". Ele teve seis filhos (homens), e todos exibiram as mesmas características. As características aparentemente foram transferidas de pais para filhos durante quatro gerações. Nenhuma das filhas exibiu a característica. De fato, jamais se soube da ocorrência desta característica nas mulheres; tal fato ilustra um caso de:

- herança influenciada pelo sexo.
- herança ligada ao sexo.
- herança holândrica.
- herança autossômica dominante.
- herança autossômica recessiva.

RESOLUÇÃO: **Resposta: C**

4 Sabe-se que certo gene se situa no cromossomo Y e não tem correspondente no cromossomo X. Portanto, pode-se afirmar que, se, em um casal, o homem for portador desse gene, o caráter se manifesta em

- todas as filhas, independentemente do genótipo da mulher.
- todas as suas filhas, caso a mulher também seja portadora do gene.
- todos os seus filhos, independente do genótipo da mulher.
- todos os seus filhos e em algumas de suas filhas, caso a mulher também seja portadora do gene.
- todos os seus filhos e filhas, independentemente do gene.

RESOLUÇÃO: **Resposta: C**

5 Admita que, em carneiros, a presença de chifres é um caráter influenciado pelo sexo, e que se manifesta como dominante em machos e como recessivo em fêmeas. Se dois indivíduos heterozigotos para o caráter forem cruzados, calcule as probabilidades:

- de uma fêmea recém-nascida não desenvolver chifres;
- de nascer um macho que não desenvolva chifres.

Os valores de I e II são, respectivamente,

- 1/2 e 1/2.
- 3/8 e 3/4.
- 3/8 e 1/8.
- 1/8 e 1/4.
- 3/4 e 1/8.

RESOLUÇÃO:

Macho com chifres = CC ou Cc; macho sem chifres = cc.

Fêmea com chifres = CC; fêmea sem chifres = CC ou Cc.

I. $Cc \times Cc = CC, Cc, Cc \text{ e } cc$



P (fêmea recém-nascida não desenvolver chifres) = 3/4

II. $Cc \times Cc = CC, Cc, Cc \text{ e } cc$



P (macho não desenvolver chifres) = 1/2 . 1/4 = 1/8

Resposta: E

Módulo 28

Genética de populações

Palavras-chave:

- Pan-mixia • Migração
- Mutação

1. Importância

Quando as populações são estudadas do ponto de vista genético, um dos principais problemas existentes é a determinação da frequência com que o gene aparece na população. De posse de tal dado, podemos calcular a frequência de seus alelos, bem como as frequências dos genótipos homozigotos e heterozigotos e os prognósticos para as futuras gerações. Tal fato foi demonstrado independentemente por Hardy na Inglaterra e por Weinberg na Alemanha, por meio de um teorema conhecido como "equilíbrio ou Lei de Hardy-Weinberg".

2. Enunciado

A Lei de Hardy-Weinberg pode enunciar-se da seguinte forma:

"Em uma população em equilíbrio genético, as frequências gênicas e genotípicas permanecem constantes ao longo das gerações."

3. Condições para o equilíbrio genético de uma população

- Tamanho grande, ou seja, constituída por numerosos indivíduos.
- Pan-mixia, isto é, ocorrência de cruzamentos ao acaso.
- Ausência de migração, seleção e mutação.

4. Teorema de Hardy-Weinberg

Vamos supor que há apenas dois alelos possíveis **A** e **a** em um lócus particular em um determinado cromossomo.

Seja **p** a frequência do alelo **A** e **q** a do alelo **a**.

Como se trata de frequência de dois alelos de um mesmo lócus, tem-se que $p + q = 1$. Assim, se soubermos o valor de p , podemos calcular o de q e vice-versa. Como os gametas são portadores de apenas um dos alelos (**A** ou **a**), teremos:

Frequência de gametas:

Gametas	Gametas
Espermatozoides	A p
	a p
Óvulos	A p
	a q

O quadro de Punnet mostra os resultados das combinações, ao acaso, de espermatozoides e óvulos, mostrando a composição genética da população.

	pA	qa
pA	$p^2(AA)$	$pq(Aa)$
qa	$pq(AA)$	$q^2(aa)$

Resumindo, temos:

Classes	Frequência
AA	p^2
Aa	$2pq$
aa	q^2

Como observamos, a frequência de um alelo é a raiz quadrada da frequência da respectiva classe homozigota.

A frequência das classes genotípicas pode ser expressa pela expansão de uma equação binomial:

$$(pA + qa)^2 = p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa)$$

5. Alelos múltiplos

A distribuição genotípica estável, quando estão envolvidos os alelos com frequências p , q , r ..., será dada pela fórmula:

$$(p + q + r \dots + n)^2$$

Assim, para um caso de três alelos, A , a^1 e a^2 , cujas frequências são, respectivamente, iguais a p , q e r , temos $(p + q + r)^2$, cuja expansão resulta em $p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr$, ou seja:

Classes	Frequência
AA	p^2
a^1a^1	q^2
a^2a^2	r^2
Aa^1	$2pq$
Aa^2	$2pr$
a^1a^2	$2qr$

6. Genes ligados ao sexo

Como os machos têm somente um cromossomo X, a frequência do alelo recessivo será a própria frequência de machos que exibem o caráter. Assim, temos:

Frequência de A = p
Frequência de a = q
Frequência de X^AY = p
Frequência de X^aY = q
Frequência de X^AX^A = p^2
Frequência de X^AX^a = $2pq$
Frequência de X^AX^a = $2pq$



Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM)** – A lei de Hardy-Weinberg é a base da genética de populações. Segundo ela, se dois alelos, **A** e **a**, estão presentes na população com frequências respectivas de **p** e **q**, sendo $p + q = 1$, considerando que os cruzamentos são feitos ao acaso, as frequências dos genótipos serão dadas por $(p + q)^2$, isto é, p^2 de **AA** + $2pq$ de **Aa** + q^2 de **aa**.

Sabendo-se que numa população de 10 000 indivíduos em equilíbrio genético, o número de indivíduos para cada genótipo é de 6 400 AA, 3 200 Aa e 400 aa, conclui-se que

- a frequência do gene **A** é duas vezes maior que a frequência do gene **a**.
- a frequência do gene **A** é três vezes maior que a frequência do gene **a**.
- a frequência do gene **A** é quatro vezes maior que a frequência do gene **a**.

- d) a frequência do gene **A** é cinco vezes maior que a frequência do gene **a**.
e) as frequências dos genes **A** e **a** são iguais.

Resolução

Considerando uma população com 10 000 indivíduos, temos: 6 400 indivíduos AA ou 64%, 3 200 indivíduos Aa ou 32% e 400 indivíduos aa ou 0,4%

Frequência dos genótipos:

$$AA = p^2 = 0,64$$

$$Aa = 2pq = 0,32$$

$$aa = q^2 = 0,04$$

Frequência dos genes:

$$A = p = \sqrt{0,64} = 0,8$$

$$a = q = \sqrt{0,04} = 0,2$$

Portanto, a frequência do gene A é 4 vezes maior que a do gene a.

Resposta: C

- 2 (VUNESP)** – Numa população de Hardy-Weinberg, a frequência do alelo C é o triplo da frequência do alelo c. A frequência de indivíduos que possuem o fenótipo dominante nessa população é de

- a) 3/16. b) 6/16. c) 15/16.
d) 9/16. e) 1/16.

Resolução

Frequência de c = x

Frequência de C = 3x

$$3x + x = 4x$$

$$x = 1/4$$

$$\text{Frequência de } c = 1/4$$

$$\text{Frequência de } C = 3/4$$

$$\text{Frequência de } CC = (3/4)^2 = 9/16$$

$$\text{Frequência de } Cc = 2 \cdot 3/4 \cdot 1/4 = 6/16$$

$$\text{Frequência de } CC + Cc = 9/16 + 6/16 = 15/16$$

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 (FUVEST) – Numa população de 100 pessoas, 36 são afetadas por uma doença genética condicionada por um par de alelos de herança autossômica recessiva.

- Expresse, em frações decimais, a frequência dos genes dominante e recessivo.
- Quantos indivíduos são homozigotos?
- Suponha que nessa população os cruzamentos ocorram ao acaso, deles resultando, em média, igual número de descendentes. Considere, também, que a característica em questão não altera o valor adaptativo dos indivíduos. Nessas condições, qual será a porcentagem esperada de indivíduos de fenótipo dominante na próxima geração?
Justifique suas respostas, mostrando como chegou aos resultados numéricos.

RESOLUÇÃO:

a) Frequência de aa = 36% ou 0,36

Frequência de a = $\sqrt{0,36} = 0,6$

Frequência de A = 1 - 0,6 = 0,4

b) Frequência de AA = $(0,4)^2 = 0,16$

Frequência de aa = 0,36

Frequência de AA + aa = $0,16 + 0,36 = 0,52 = 52\%$

Número de homozigotos = 52

c) Frequência de Aa = $2 \cdot 0,4 \cdot 0,6 = 0,48$

Frequência de dominantes = $0,16 + 0,48 = 0,64 = 64\%$

2 Certa população, geneticamente equilibrada, apresenta as seguintes frequências para os genes que determinam os grupos sanguíneos do sistema ABO:

I^A = 30%, I^B = 10%, i = 60%.

Sabendo que a população é constituída por 30 mil indivíduos, determine as quantidades esperadas de indivíduos dos grupos O e AB.

RESOLUÇÃO:

Frequência de O = ii = $0,6^2 = 0,36 = 36\%$

Número de indivíduos O = 36% de 30 000 = 10 800

Frequência de AB = I^AI^B = $2 \times 0,3 \times 0,1 = 0,06 = 6\%$

Número de indivíduos AB = 6% de 30 000 = 1 800

3 (UNAERP) – Em determinada população a frequência de hemofilia A ou clássica é de 1/10 000 homens. Com base nesse dado, a frequência de mulheres portadoras do gene, nessa população, será de aproximadamente

- 1/500.
- 1/5 000.
- 99/10 000.
- 99/1 000.
- 9/10 000.

RESOLUÇÃO:

Frequência de h = $1/10\ 000 = 0,0001$

Frequência de H = 1 - 0,0001 = 0,9999

Frequência de XHXh = $2 \cdot 0,9999 \cdot 0,0001 = 0,0001999 = 0,0002 = 1/5\ 000$

Resposta B

4 (UFU) – Faz 100 anos que Hardy (matemático inglês) e Weinberg (médico alemão) publicaram o teorema fundamental da genética de populações, conhecido como Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Para se aplicar este princípio, a população deve ser de tamanho:

- aleatório, visto que não influencia para a aplicação do teorema, já que a probabilidade dos cruzamentos depende de processos migratórios que ocorrem naturalmente nas populações.
- pequeno, de modo que possam ocorrer cruzamentos de forma experimental, de acordo com as leis de Mendel, ou seja, os cruzamentos entre indivíduos de diferentes genótipos devem acontecer sempre a partir de alelos heterozigotos.
- muito grande, para que possam ocorrer cruzamentos seletivos, de acordo com a teoria evolutiva, ou seja, os efeitos da seleção natural a partir de mutações ao acaso devem ser considerados.
- pequeno, de modo que possam ocorrer cruzamentos entre organismos mutantes, de acordo com as leis das probabilidades, ou seja, novas características devem ser introduzidas de forma controlada na população.
- muito grande, de modo que possam ocorrer todos os tipos de cruzamentos possíveis, de acordo com as leis das probabilidades, ou seja, os cruzamentos entre indivíduos de diferentes genótipos devem acontecer completamente ao acaso.

RESOLUÇÃO:

Resposta: E

5 (UNIRIO) – A característica de ter covinha nas bochechas é determinada por um par de genes, segundo a primeira lei mendeliana. Imagine que, numa população de 500 indivíduos, 84% das pessoas possuem covinhas (CC e Cc). Admitindo que essa população esteja em equilíbrio de Hardy-Weinberg, determine, respectivamente, qual é a frequência do gene "c" e qual é o número esperado de heterozigotos nessa população.

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| a) 0,4 – 420 indivíduos | b) 0,16 – 180 indivíduos |
| c) 0,6 – 240 indivíduos | d) 0,4 – 240 indivíduos |
| e) 0,6 – 180 indivíduos | |

RESOLUÇÃO:

Frequência de cc = 16% = 0,16

Frequência de c = $\sqrt{0,16} = 0,4$

Frequência de C = 1 - 0,4 = 0,6

Frequência de Cc = $2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 0,48$

Número de Cc = 48% de 500 = 240

Resposta: D

FRENTE 1
Módulo 45 – A excreção humana

1 Qual é a diferença do sangue presente na artéria renal e na veia renal? Justifique sua resposta.

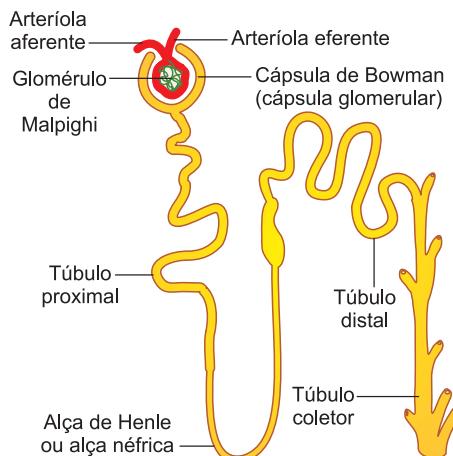
2 Em um ser humano, os glomérulos chegam a produzir 180 L de filtrado por dia, mas o volume de urina excretado é de apenas 1,5 L. Além disso, no ser humano, a concentração de substâncias no filtrado pode ser bastante diferente da concentração na urina. A urina de um indivíduo saudável tem concentração de glicose igual a zero, enquanto a urina de um indivíduo diabético pode apresentar concentrações elevadas de glicose.

- Explique por que é grande a diferença entre o volume filtrado e o volume excretado, citando as estruturas do néfron responsáveis por essa diferença.
- Justifique as diferenças existentes entre indivíduos saudáveis e diabéticos quanto às concentrações de glicose na urina.

3 Para considerarmos um exame de urina como normal, em um indivíduo da espécie humana, devemos encontrar nesta urina somente as seguintes substâncias:

- água, ureia e proteína.
- água, açúcar e proteína.
- água, açúcar e ureia.
- água, amônia e açúcar.
- água, ureia e sais.

4 No esquema a seguir, podem ser observadas as partes componentes de um néfron humano.



Assinale a única opção que indica o trecho do néfron com o evento fisiológico a ele relacionado.

- Cápsula de Bowman (cápsula glomerular) – filtração glomerular do sangue.

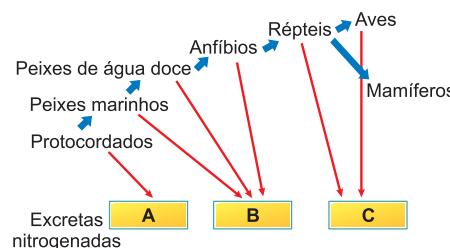
- Túbulo proximal – absorção de macromoléculas do sangue.
- Alça de Henle (alça néfrica) – formação do filtrado renal final desmineralizado.
- Túbulo distal – reabsorção de moléculas de proteínas para o sangue.
- Túbulo coletor – reabsorção de hemácias para o sangue.

- Um indivíduo, ao ingerir certa quantidade de bebida alcoólica, geralmente apresenta uma necessidade maior de urinar. Este fato ocorre porque o álcool
 - estimula a produção do hormônio ADH.
 - aumenta a eliminação de açúcar pela urina.
 - inibe a produção do hormônio ADH.
 - inibe o funcionamento do fígado.
 - estimula o funcionamento do pâncreas.

Módulo 46 – O ciclo da ornitina e a osmorregulação em peixes

1 Por que é importante que os organismos tenham capacidade de sintetizar ornitina, citrulina e arginina?

2 Observe o diagrama abaixo, que mostra a evolução dos grupos animais e a correspondência com substâncias nitrogenadas excretadas.



- Identifique as substâncias indicadas por A, B e C.
- Qual das letras corresponde à principal excreta de mamíferos?
- Qual a vantagem adaptativa da substância C em relação à substância A?

3 As moléculas de amônia são tóxicas quando em altas concentrações, mas são rapidamente convertidas em ureia. As células têm um mecanismo especial para combinar as moléculas de amônia, mecanismo esse que envolve três moléculas orgânicas:

- adenina, citosina e guanina.
- glicina, cisteína e valina.
- ornitina, citrulina e arginina.
- adenina, arginina e uracila.
- glicina, glutamina e ornitina.

- 4** O esquema seguinte representa a produção de compostos nitrogenados por meio do metabolismo de um composto orgânico em diferentes grupos animais.



Os números de 1 a 4 podem, nessa ordem, ser corretamente substituídos por

- a) proteínas, amônia, mamíferos, ácido úrico.
- b) carboidratos, ácido úrico, mamíferos, amônia.
- c) carboidratos, amônia, répteis, ácido úrico.
- d) proteínas, ácido úrico, invertebrados aquáticos, amônia.
- e) lipídios, amônia, invertebrados terrestres, ácido úrico.

- 5** Os salmões são peixes migratórios, que vivem em água salgada, mas migram para as águas doces de rios na época da reprodução. Para assegurar o equilíbrio osmótico de seu corpo, esses peixes que migram temporariamente da água salgada para a água doce e vice-versa apresentam o seguinte mecanismo:

- a) quando em água doce, urinam pouco e eliminam sais por transporte ativo.
- b) quando em água doce, urinam pouco e eliminam sais por transporte passivo.
- c) quando em água doce, urinam muito e absorvem sais por transporte ativo.
- d) quando em água salgada, urinam muito e não eliminam os sais em excesso.
- e) quando em água salgada, urinam muito e absorvem sais por transporte ativo.

Módulo 47 - O sistema muscular

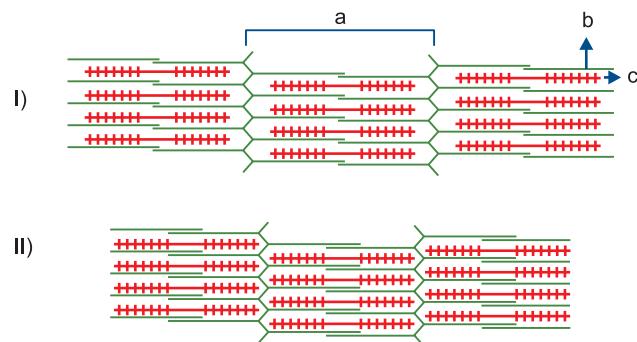
- 1** Complete a tabela abaixo.

Tipos de músculos	Estrias transversais	Tipo de contração	Comando nervoso
Liso			
Cardíaco			
Esquelético			

- 2** Quais são as principais funções dos músculos?

- 3** Qual é o tipo de músculo que executa os movimentos voluntários do corpo humano?

- 4** Com base nas seguintes figuras, defina as estruturas do músculo esquelético representadas pelas letras a, b e c. A figura (I) ou a figura (II) representa um músculo relaxado?



- 5** É atividade realizada pelo tecido muscular a
- I. impulsão dos alimentos pelo canal alimentar.
 - II. pulsação do coração.
 - III. dilatação das artérias.

Assinale a opção correta.

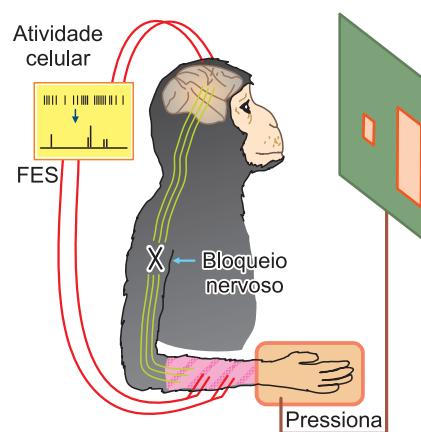
- a) Apenas I está correta.
- b) Apenas II está correta.
- c) Apenas I e II estão corretas.
- d) Apenas II e III estão corretas.
- e) I, II e III estão corretas.

- 6** Os músculos lisos dos vertebrados

- a) têm fibras de ação mais lenta do que fibras musculares estriadas.
- b) não têm ritmo espontâneo e é difícil sua estimulação mecânica.
- c) são constituídos de fibras longas e multinucleadas.
- d) não apresentam reflexos locais, mesmo nos movimentos complexos.
- e) não são regulados pelo sistema nervoso autônomo.

Módulo 48 - A fisiologia muscular

1



Pesquisadores demonstraram pela primeira vez que uma conexão direta artificial entre o cérebro e os músculos pode restaurar movimentos voluntários em macacos cujos membros haviam sido temporariamente anestesiados. No estudo, os macacos foram treinados para controlar a atividade de células nervosas individuais no córtex motor, uma área do cérebro que

controla os movimentos voluntários. A atividade neural dos macacos permitia que eles movimentassem um cursor enquanto praticavam um jogo de tiro ao alvo. Os pesquisadores paralisaram temporariamente os músculos de seus pulsos, utilizando um anestésico local, e converteram a atividade cerebral dos macacos em estímulo elétrico para os músculos paralisados do pulso. Os macacos continuaram a praticar o jogo de tiro ao alvo, demonstrando que haviam recuperado a capacidade de controlar o pulso paralisado. Os resultados poderão, no futuro, ser promissores para os pacientes afetados por lesões na coluna vertebral. O experimento apresentado foi realizado com um músculo estriado esquelético, cuja contração envolve processos bioquímicos específicos.

Em relação a esse tipo de músculo, responda:

- Em que consiste a fermentação lática e em que circunstâncias ela ocorre?
- Qual é o papel do fosfato de creatina (fosfocreatina) na contração muscular?
- Qual é a importância do glicogênio para a contração muscular?

2 Que tipo de proteína é encontrada nas células musculares?

3 Descreva a fonte de energia para a contração muscular.

4 Abordando o metabolismo celular, relacione o fenômeno da fadiga muscular com a prática esportiva dos atletas.

Utilize o texto abaixo para responder às questões **5** e **6**.

Um estudante sadio decide participar de uma corrida de 200 metros rasos. Ele não havia treinado para tal competição, logo sua única chance de ganhar a corrida é se alimentar bem. No dia da corrida, ele completa o percurso em 27 segundos terminando exausto e com profundas dores musculares.

5 Quais as principais fontes energéticas do estudante durante a corrida?

- Glicose e glicogênio musculares.
- Aminoácidos livres no músculo.
- Componente lipídico das lipoproteínas de baixa densidade sanguíneas.
- Amido digerido na sua última refeição.
- Sódio retido em seu retículo sarcoplasmático.

6 Como foi o metabolismo energético na perna do estudante durante a corrida?

- Predominantemente aeróbico.
- Respiração aeróbica e fermentação.
- Predominantemente fermentação.
- Reações dependentes de O_2 liberado pela hemoglobina sanguínea.
- Energia liberada na transformação de creatina em fosfocreatina.

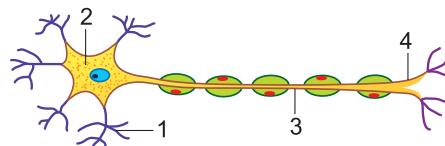
Módulo 49 – O sistema nervoso

1 Na estrutura de um neurônio, distinguimos o corpo celular, do qual saem dois tipos de prolongamentos. Cite-os e caractereze-os.

2 Em relação ao neurônio, responda:

- Qual é diferença entre um neurônio e um nervo?
- O que é sinapse e como é feita?

As questões **3** e **4** referem-se ao desenho esquemático de uma célula nervosa.



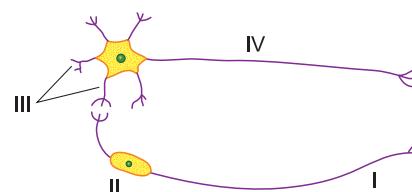
3 A afirmativa que relaciona corretamente o número com o componente estrutural é:

- 1 – axônio; 2 – célula de Schwann (oligodendrócito); 3 – bainha de Schwann (neurilema); 4 – dendrito.
- 1 – dendrito; 2 – corpo celular; 3 – nó de Ranvier (nó neurofibroso); 4 – axônio.
- 1 – dendrito; 2 – neurônio; 3 – bainha de mielina; 4 – terminal sináptico.
- 1 – nervo; 2 – neurônio; 3 – nó de Ranvier (nó neurofibroso); 4 – dendrito.
- 1 – terminal sináptico; 2 – corpo celular; 3 – bainha de Schwann (neurilema); 4 – nervo.

4 O caminho seguido por um impulso nervoso na célula nervosa é indicado pelos números:

- 1 – 2 – 4
- 2 – 1 – 3
- 3 – 2 – 1
- 4 – 3 – 1
- 4 – 3 – 2

5 O esquema abaixo representa dois neurônios ligados por uma sinapse.



É (são) dendrito(s) apenas

- III.
- I e II.
- I e III.
- II e III.
- II e IV.

Módulo 50 – A origem e a propagação do impulso nervoso

1 As células nervosas têm duas propriedades características, a excitabilidade e a condutibilidade –, mediante as quais elas são capazes de reagir a um determinado estímulo (excitabilidade) e de transmitir este estímulo, sob a forma de impulsos eletroquímicos, ao longo de suas membranas (condutibilidade). No que consiste a polarização da fibra nervosa, quando em repouso?

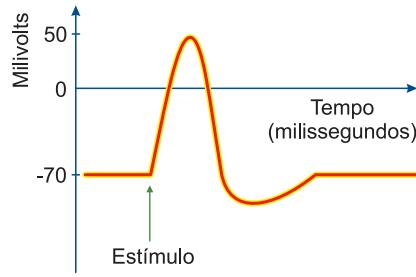
2 O “diálogo” entre os neurônios extrapola os limites que se supunha até hoje e se estende a neurônios vizinhos, revelou um estudo sobre complexos processos que ocorrem no cérebro dos mamíferos publicado nesta quinta-feira na revista científica britânica *Nature*.

(www.noticias.terra.com.br/ciencia. 19/12/2007.
Acesso em: 8/3/2009.)

A que processo o termo “diálogo” se refere? Explique como ele ocorre.

3 Todas as células do organismo humano possuem uma diferença de potencial elétrico entre as faces interna e externa da membrana plasmática. Nas células nervosas, essa diferença é denominada potencial de repouso, pois um estímulo é capaz de desencadear uma fase de despolarização seguida de outra de repolarização; após isso, a situação de repouso se restabelece. A alteração de polaridade na membrana dessas células é chamada de potencial de ação que, repetindo-se ao longo dos axônios, forma o mecanismo responsável pela propagação do impulso nervoso.

O gráfico a seguir mostra a formação do potencial de ação.



Descreva as alterações iônicas ocorridas no local do estímulo responsáveis pelos processos de despolarização e repolarização da membrana dos neurônios.

4 A nicotina do cigarro substitui, em parte, a acetilcolina, um neurotransmissor cerebral que excita os neurônios. O cérebro passa, então, a produzir menos acetilcolina, ajustando-se, assim, ao fumo. Quando o fumante interrompe o hábito, sente sonolência e “fome de cigarro”, até que a produção de acetilcolina volte ao normal.

(Frota-Pessoa, 2001.)

- Quais as partes que constituem um neurônio?
 - Onde atuam os neurotransmissores?
 - Como o estímulo nervoso passa ao longo do neurônio?
- 5** Há evidências de que a transmissão do impulso nervoso através da sinapse se deva
- à ação de um neuro-hormônio liberado pelas terminações do axônio.
 - à passagem de RNA através das terminações dos dendritos.
 - à continuidade das terminações dos dendritos.
 - à condução direta do impulso que percorre o neurônio.
 - ao abaixamento do limiar de excitação com a chegada do impulso à sinapse.

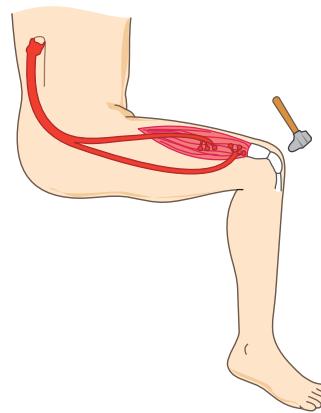
Módulo 51 – O ato reflexo

1 Determine a função de cada um dos seguintes neurônios no arco reflexo.

- Neurônio sensitivo.
- Neurônio motor.
- Neurônio associativo.

2 Descreva a sucessão de eventos que ocorre a partir do momento em que um indivíduo sofre uma leve pancada no tendão do joelho, quando está sentado e com a perna pendendo livremente, até a reação consequente.

3 Durante um ato reflexo, a medula espinal pode fazer o corpo responder a estímulos em uma velocidade surpreendente. Por exemplo, quando o médico testa os reflexos do paciente realizando um teste patelar, ou seja, batendo com um martelinho em seu joelho, é correto afirmar que



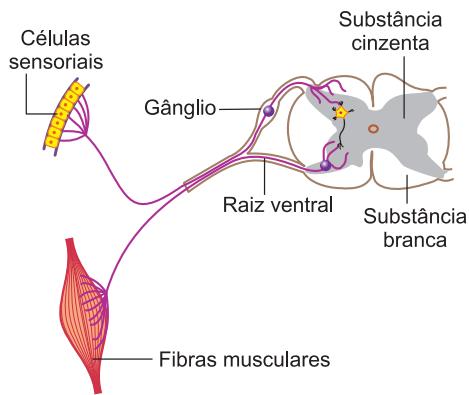
- a resposta ao estímulo ocorre de forma independente do encéfalo.
- um neurônio sensitivo e um neurônio motor participam da elaboração da resposta motora.
- um neurônio associativo faz a conexão entre o neurônio sensitivo e o neurônio motor durante a resposta motora.

Está(ão) correta(s) apenas:

- | | | |
|----------|----------|----------|
| a) 1 | b) 3 | c) 1 e 3 |
| d) 2 e 3 | e) 1 e 2 | |

- 4** O órgão do sistema nervoso responsável pelos atos reflexos é
 a) o tronco encefálico.
 b) a medula.
 c) o encéfalo.
 d) o cerebelo.
 e) o bulbo raquidiano.

- 5** A figura abaixo mostra os componentes de um arco reflexo.



No esquema, o neurônio de associação e o corpo celular do neurônio sensorial estão localizados, respectivamente,

- a) na substância cinzenta e no gânglio.
 b) na substância cinzenta e na raiz ventral.
 c) no gânglio e na raiz ventral.
 d) no gânglio e na substância cinzenta.
 e) na raiz ventral e no gânglio.

Módulo 52 – Divisão do sistema nervoso

- 1** Complete a tabela abaixo.

	Central (SNC)	
Sistema nervoso	Periférico (SNP)	
	Autônomo (SNA)	

- 2** Cite os tipos de sistema nervoso que controlam a musculatura esquelética, lisa e cardíaca.

- 3** Com a manchete “O Voo de Maurren”, *O Estado de S.Paulo* noticiou, em 23 de agosto de 2008, que a saltadora Maurren Maggi ganhou a segunda medalha de ouro para o Brasil

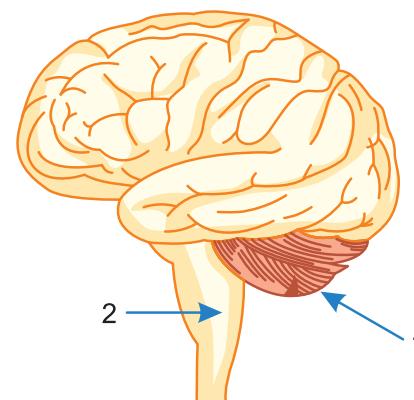
nos últimos Jogos Olímpicos. No salto de 7,04 m de distância, Maurren utilizou a força originada da contração do tecido muscular estriado esquelético. Para que pudesse chegar a essa marca, foi preciso contração muscular e coordenação dos movimentos por meio de impulsos nervosos.

- a) Explique como o neurônio transmite o impulso nervoso ao músculo.
 b) Para saltar, é necessária a integração das estruturas ósseas (esqueleto) com os tendões e os músculos.
 Explique como ocorre a integração dessas três estruturas para propiciar à atleta a execução do salto.

- 4** Assinale a alternativa correta a respeito do sistema nervoso:

- a) As meninges são membranas protetoras e são encontradas envolvendo apenas o encéfalo.
 b) A substância cinzenta é constituída pelos corpos celulares dos neurônios, sendo periférica no encéfalo e central na medula.
 c) A presença de circunvoluçãoes no cérebro garante maior superfície e é uma característica de todos os vertebrados.
 d) A presença de bainha de mielina indica que o nervo conduz impulsos nervosos mais lentamente.
 e) Os sistemas nervosos simpático e parassimpático controlam órgãos diferentes, sendo, portanto, independentes entre si.

- 5** Na figura a seguir, ilustra-se a anatomia do encéfalo humano, na qual duas regiões estão indicadas (1 e 2). Sabendo-se que a região 1 coordena funções motoras e de equilíbrio, que a região 2 responde, entre outros mecanismos, pela deglutição, sucção e tosse e que nela estão centros nervosos, como o respiratório, assinale a alternativa que indica, respectivamente as regiões 1 e 2.



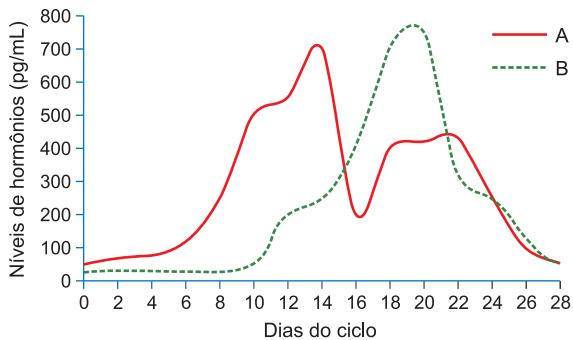
- a) Hipotálamo e córtex cerebral.
 b) Cerebelo e bulbo raquidiano.
 c) Bulbo raquidiano e hipotálamo.
 d) Córtex cerebral e medula espinhal.
 e) Bulbo raquidiano e medula espinhal.

Módulo 53 - O sistema endócrino

- 1 Complete a tabela abaixo, indicando o hormônio correspondente.

Ação	Hormônio
1. Contração da parede uterina e ejeção do leite.	
2. Indução e regulação do crescimento.	
3. Estimulação da glândula tireóidea.	
4. Desenvolvimento do folículo na mulher e da espermatogênese no homem.	
5. Manutenção do corpo lúteo.	
6. Preparação do organismo feminino para a gestação.	

- 2 O gráfico a seguir mostra a variação na concentração de dois hormônios ovarianos durante o ciclo menstrual em mulheres, que ocorre aproximadamente a cada 28 dias.



- a) Identifique os hormônios correspondentes às curvas A e B e explique o que acontece com os níveis desses hormônios se ocorrer fecundação e implantação do ovo no endométrio.
- b) Qual a função do endométrio? E da musculatura lisa do miométrio?
- 3 Em uma mulher, após a menopausa, ocorre a falência das funções ovarianas. Responda:
- a) Como estarão as concentrações dos hormônios estrogênio, progesterona, folículessimulante (FSH) e luteinizante (LH) em uma mulher, após a menopausa, caso ela não esteja sendo submetida a tratamento de reposição hormonal?
- b) Explique o mecanismo que leva a essas concentrações.
- 4 O ciclo menstrual na espécie humana apresenta-se dividido em fases:
- a) Quais são essas fases?
- b) Em qual delas pode ocorrer a fecundação?

- 5 Os ossos de um jovem quebravam-se com grande facilidade. Um ortopedista solicitou a dosagem do paratormônio e verificou que, neste jovem, o nível deste hormônio estava muito elevado.

- a) Quais glândulas produzem o paratormônio?
- b) Qual a relação entre este hormônio e a fragilidade óssea apresentada pelo jovem?

Módulo 54 - Os métodos anticoncepcionais

- 1 VIGILÂNCIA SANITÁRIA DE SP INTERDITA LOTES DE ANTICONCEPCIONAL INJETÁVEL. O Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria da Saúde de São Paulo decidiu proibir a comercialização e o uso de três lotes de determinado anticoncepcional injetável, à base de medroxiprogesterona, um hormônio sintético que, se administrado na dose recomendada, inibe a secreção dos hormônios FSH e LH pelo organismo feminino. Análises feitas pelo Instituto Adolfo Lutz apontaram que ampolas do produto contêm menor quantidade hormonal do que o previsto. Na prática, isso coloca em risco a eficácia do medicamento na prevenção da gravidez.

(Folha de S.Paulo, 8/11/2007.)

Do ponto de vista fisiológico, explique por que o medicamento com quantidades menores de medroxiprogesterona, interditado pela Vigilância Sanitária, coloca em risco a eficácia na prevenção da gravidez.

- 2 Esqueci a pílula! E agora?

Tomo pílula há mais de um ano e nunca tive horário certo. Em geral, tomo antes de dormir, mas, quando esqueço, tomo de manhã ou, na noite seguinte, uso duas de uma só vez. Neste mês, isso aconteceu três vezes. Estou protegida?

(Carta de uma leitora para a coluna Sexo & Saúde, de Jairo Bouer, Folha de S.Paulo, Folhateen, 29/6/2009.)

Considerando-se que a pílula à qual a leitora se refere é composta de pequenas quantidades dos hormônios estrógeno e progesterona, pode-se dizer à leitora que

- a) sim, está protegida de uma gravidez. Esses hormônios, ainda que em baixa dosagem, induzem a produção de FSH e LH e estes, por sua vez, levam à maturação dos folículos e à ovulação. Uma vez que já tenha ocorrido a ovulação, não corre mais o risco de engravidar.
- b) sim, está protegida de uma gravidez. Esses hormônios, ainda que em baixa dosagem, induzem a produção de FSH e LH e estes, por sua vez, inibem a maturação dos folículos, o que impede a ovulação. Uma vez que não ovule, não corre o risco de engravidar.
- c) não, não está protegida de uma gravidez. Esses hormônios, em baixa dosagem e a intervalos não regulares, mimetizam a função do FSH e LH, que deixam de ser produzidos. Desse modo, induzem a maturação dos folículos e a ovulação. Uma vez ovulando, corre o risco de engravidar.

- d) não, não está protegida de uma gravidez. Esses hormônios, em baixa dosagem e a intervalos não regulares, inibem a produção de FSH e LH, os quais, se fossem produzidos, inibiriam a maturação dos folículos. Na ausência de FSH e LH, ocorre a maturação dos folículos e a ovulação. Uma vez ovulando, corre o risco de engravidar.
- e) não, não está protegida de uma gravidez. Esses hormônios, em baixa dosagem e a intervalos não regulares, não inibem a produção de FSH e LH, os quais, sendo produzidos, induzem a maturação dos folículos e a ovulação. Uma vez ovulando, corre o risco de engravidar.

3 *Minha namorada toma pílula e fazemos amor sem camisinha. Só que dá o maior medo de ela engravidar. Num ciclo regular de 28 dias, quais os dias em que não preciso ter receio?*

(Pergunta enviada por um leitor para a coluna do Dr. Jairo Bouer no Caderno FolhaTeen do jornal Folha de S.Paulo, 24/1/2005.)

- a) Além da pílula e da camisinha, cite outro método contraceptivo reconhecidamente eficaz. Explique como esse método impede a gravidez.
- b) Considerando-se um ciclo menstrual regular de 28 dias, qual o período em que seria menor a chance de uma relação resultar em gravidez? Como determinar qual o período fértil da mulher?

- 4** Geralmente o ciclo menstrual da mulher dura 28 dias e admite-se que o dia mais provável de ocorrência da ovulação seja o 14.^º dia do ciclo. Um óvulo pode viver 2 dias, mas seu período de fertilidade ocorre entre a 12.^a e a 24.^a hora após a ovulação. Os espermatozoides sobrevivem no interior do aparelho genital feminino por 3 dias. Portanto, se a fecundação for o objetivo de uma relação sexual, a melhor recomendação, é que esta ocorra
- a) entre o 11.^º e o 15.^º dia. b) entre o 11.^º e o 16.^º dia.
 c) entre o 12.^º e o 15.^º dia. d) entre o 13.^º e o 15.^º dia.
 e) no 15.^º dia.

Módulo 55 – Glândula tireóidea e glândulas paratireóideas

1 O bário é um aumento da glândula tireóidea decorrente de um hipo ou hiperfuncionamento dela. O bário pode ser endêmico, como resultante da carência de iodo em determinadas regiões geográficas. Por que a falta de iodo provoca o bário?

2 A formação e a estruturação dos ossos dependem de uma boa alimentação, principalmente na infância e na adolescência, quando os ossos estão crescendo, junto ao corpo todo. Nessa fase é importante a ingestão de alimentos ricos em cálcio, fósforo, vitamina D e proteínas. Além do fator nutricional, o desenvolvimento ósseo normal do indivíduo depende muito do controle hormonal como, por exemplo, o exercido pelo paratormônio e pela tirocalcitonina (calcitonina).

(Adaptado do livro *Bio Vol-I*, Sônia Lopes)

a) Explique o papel biológico dos referidos hormônios sobre os ossos.

b) Determine a importância biológica, para o tecido ósseo, dos nutrientes inorgânicos citados.

3 A existência de uma legislação específica que exige a adição de iodo ao sal de cozinha reflete

- a) a importância do iodo no tratamento das anemias.
 b) a incidência de acondroplasia em regiões não litorâneas.
 c) a relação entre insuficiência de iodo e bócio endêmico.
 d) a necessidade de inclusão do sódio como complemento em dietas de lactentes.
 e) o valor nutritivo de iodo associado ao cloreto de sódio.

4 As glândulas são órgãos especializados na produção de hormônios. Entre as glândulas, a que produz hormônios responsáveis pelo aumento do nível de cálcio no sangue é

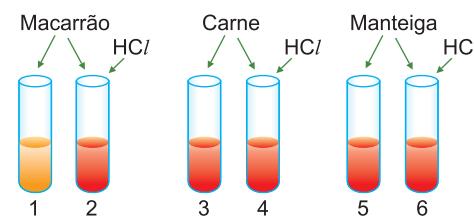
- a) tireóidea. b) adrenal. c) hipófise.
 d) paratireóidea. e) pâncreas.

5 O bócio, caracterizado pelo aumento de volume da glândula tireóidea, é encontrado de forma endêmica nas áreas geográficas carentes de:

- a) zinco. b) cobre. c) manganês.
 d) iodo. e) fósforo e cálcio.

Módulo 56 – Pâncreas e adrenais

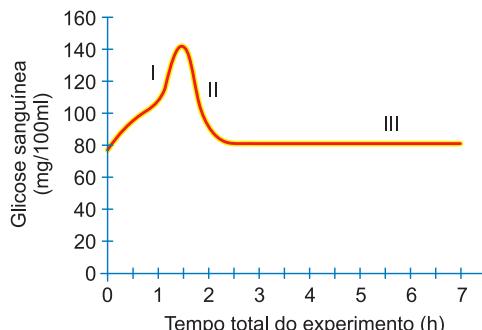
1 Uma enzima, extraída da secreção de um órgão abdominal de um cão, foi purificada, dissolvida em uma solução fisiológica com pH 8 e distribuída em seis tubos de ensaio. Nos tubos 2, 4 e 6, foi adicionado ácido clorídrico (HCl), a fim de se obter um pH final em torno de dois. Nos tubos 1 e 2, foi adicionado macarrão; nos tubos 3 e 4, carne; nos tubos 5 e 6, manteiga. Os tubos foram mantidos por duas horas à temperatura de 36°C. Ocorreu digestão apenas no tubo 1.



- a) Qual foi o órgão do animal utilizado na experiência?
 b) Que alteração é esperada na composição química da urina de um cão que teve esse órgão removido cirurgicamente? Por quê?
 c) Qual foi a substância que a enzima purificada digeriu?

2 A figura a seguir apresenta os resultados obtidos durante um experimento que visou medir o nível de glicose no sangue de uma pessoa saudável após uma refeição rica em carboidratos. As dosagens de glicose no sangue foram obtidas a intervalos regulares de 30 minutos.

Módulo 23 - Ligação fatorial (*linkage*) e permutação (*crossing-over*)



(Adaptado de M.R.M.P. Luz e A.T. Da Poian. O ensino classificatório do metabolismo humano. *Ciência e Cultura*, vol. 57, n.º 4, p. 43-45, 2005.)

- Explique os resultados obtidos nas etapas I e II mostradas na figura.
- Sabendo-se que a pessoa só foi se alimentar novamente após 7 horas do início do experimento, explique por que na etapa III o nível de glicose no sangue se manteve constante e em dosagens consideradas normais.

3 O seguinte texto foi extraído do folheto “**Você tem diabetes? Como identificar**”, distribuído pela empresa Novo Nordisk: *A glicemia (glicose ou açúcar no sangue) apresenta variações durante o dia, aumentando logo após a ingestão de alimentos e diminuindo depois de algum tempo sem comer. A elevação constante da glicose no sangue pode ser sinal de diabetes. [...]*

- Por que, nos não diabéticos, a glicemia aumenta logo após uma refeição e diminui entre as refeições?
- Explique por que uma pessoa com diabetes melito apresenta glicemia elevada constante.

4 Quando as concentrações de açúcar no sangue são baixas (hipoglicemias), a elevação das taxas de glicose sanguínea se dá por meio da liberação

- de insulina, pelo pâncreas, que estimula a passagem da glicose para o interior das células e sua conversão em glicogênio, e mediante a liberação de adrenalina, pela adrenal.
- de glucagon e adrenalina, pela adrenal, que estimulam a quebra do glicogênio e a liberação de glicose do fígado, e mediante a liberação de ACTH, que leva o fígado a converter proteínas em glicose.
- de glucagon, pelo pâncreas, que estimula a quebra de glicogênio e a liberação de glicose do fígado, e pela adrenalina, liberada pela adrenal.
- de ACTH, produzido pela hipófise, que estimula a quebra de glicogênio e a liberação de glicose pelo fígado.
- de adrenalina, pela adrenal, e de insulina, que estimula a quebra do glicogênio e a liberação de glicose pelo fígado.

- Considere um organismo com o genótipo $AaBb$. Determine os tipos de gametas que ele pode formar, levando em conta as seguintes situações em dois cromossomos homólogos.
 - Segregação independente.
 - Ligação factorial completa com os genes em posição cis.
 - Ligação e permutação com frequência de 20%, com os genes em posição trans.

- O cruzamento entre $RS / rs \times rs/rs$ produziu 1200 descendentes. Determine a geração esperada, considerando que a frequência de crossing-over é de 32%.

- Um geneticista cruzou um indivíduo **$AaBb$** com outro **$aabb$** . A prole resultante foi: 40% **$AaBb$** ; 40% **$aabb$** ; 10% **$Aabb$** ; 10% **$aaBb$** . O geneticista ficou surpreso, pois esperava obter os quatro genótipos na mesma proporção, ou seja, 25% para cada um deles. Esses resultados contrariam a lei da segregação independente? Justifique a sua resposta.

- Foram realizados cruzamentos entre uma linhagem pura de plantas de ervilha, com flores púrpuras e grãos de pólen longos, e outra linhagem pura, com flores vermelhas e grãos de pólen redondos. Todas as plantas produzidas tinham flores púrpuras e grãos de pólen longos. Cruzando-se essas plantas heterozigóticas com plantas da linhagem pura de flores vermelhas e grãos de pólen redondos, foram obtidas 160 plantas:
 - 62 com flores púrpuras e grãos de pólen longos;
 - 66 com flores vermelhas e grãos de pólen redondos;
 - 17 com flores púrpuras e grãos de pólen redondos;
 - 15 com flores vermelhas e grãos de pólen longos.

Essas frequências fenotípicas obtidas não estão de acordo com o esperado, considerando-se a Segunda Lei de Mendel (Lei da Segregação Independente).

- De acordo com a Segunda Lei de Mendel, quais são as frequências esperadas para os fenótipos?
- Explique a razão das diferenças entre as frequências esperadas e as observadas.

Módulo 24 - Mapas cromossômicos

- Um indivíduo homozigoto para os genes c e d é cruzado com o homozigoto dominante. O F1 é retrocruzado com o tipo parental duplo recessivo. São obtidos os seguintes descendentes:

CcDd	903
Ccdd	98
ccDd	102
ccdd	897

- Qual é a distância, emmorganídeos, entre os genes C e D?
- Qual é a disposição (cis ou trans) dos genes no cromossomo?

- 2** Os quatro pares de alelos seguintes estão ligados no cromossomo 2 do tomateiro:

Caules – V (púrpura) e v (verde)

Folhas – C (verde normal) e c (verde claro)

Frutos – A (esféricos) e a (alongados)

Folhas – F (pilosas) e f (lisas)

Em uma série de cruzamentos-testes, encontraram-se as seguintes frequências de crossing-over:

Genes	Frequência de crossing-over
L – A	14%
L – C	8%
L – V	22%
A – C	6%
C – V	14%
A – V	8%

Qual é a sequência desses genes no cromossomo?

- 3** Se em um mapa genético a distância entre os locos **A** e **B** é de 16 morganídeos, qual a frequência relativa dos gametas **AB**, **Ab**, **aB**, **ab**, produzidos pelo genótipo **AB/ab**?

	AB	Ab	aB	ab
a)	36%	14%	14%	36%
b)	34%	16%	16%	34%
c)	42%	8%	8%	42%
d)	8%	42%	42%	8%
e)	44%	6%	6%	44%

- 4 (FUVEST)** – Do cruzamento de um indivíduo duplo heterozigoto para dois pares de genes (**AaBb**) com um duplo recessivo (**aabb**), foram obtidos:

43% de indivíduos **AaBb**

7% de indivíduos **Aabb**

7% de indivíduos **aaBb**

43% de indivíduos **aabb**

Considerando tratar-se de um caso de ligação factorial, pode-se afirmar que o heterozigoto é

- a) **Ab/aB** (trans) e a distância entre os genes é de 7 UR.
- b) **AB/ab** (cis) e a distância entre os genes é de 7 UR.
- c) **Aa/AB** (trans) e a distância entre os genes é de 14 UR.
- d) **Ab/aB** (trans) e a distância entre os genes é de 14 UR.
- e) **AB/ab** (cis) e a distância entre os genes é de 14 UR.

Módulo 25 – Determinação do sexo

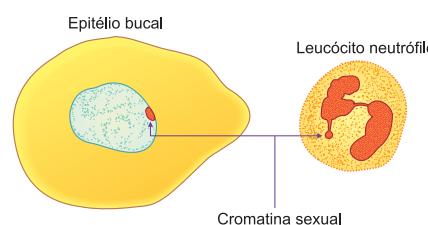
- 1** O cavalo (*Equus caballus*) apresenta o número cromossômico haploide igual a 32 ($n = 32$) e determinação sexual do tipo XY. Com esses dados, complete a tabela abaixo, colocando o número de cromossomos.

1. Número de cromossomos do espermatozoide	
2. Número de autossomos das células epidérmicas	
3. Número de cromossomos sexuais do óvulo	
4. Número de autossomos dos gametas	
5. Número de cromossomos nas células do útero	

- 2** Sabendo que existem 46 cromossomos nas células somáticas de um homem, responda:

- I. Quantos cromossomos um homem recebe de seu pai?
- II. Quantos autossomos estão presentes em seus gametas?
- III. Quantos cromossomos sexuais se encontram no óvulo de uma mulher?
- IV. Quantos autossomos são encontrados nas células somáticas de uma mulher?

- 3** O desenho a seguir ilustra a morfologia da cromatina sexual na célula do epitélio bucal e no leucócito neutrófilo humano.



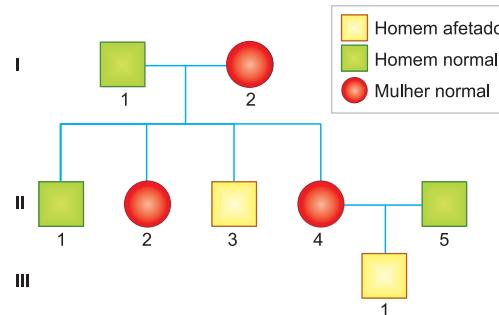
- a) Em que sexo aparece a cromatina sexual?
- b) No que consiste?
- c) Quantas cromatinas sexuais aparecem numa célula epidérmica de uma mulher portadora de 3 cromossomos X?
- d) Explique a relação existente entre os números de cromatinas sexuais e de cromossomo X.

- 4 (UNIMEP)** – O número diploide das fêmeas férteis da *Apis mellifera* é de 32 cromossomos. Quantos cromossomos apresentam, respectivamente, cada uma das seguintes castas de abelhas: rainhas, zangões e operárias?

- a) 16, 32, 16. b) 32, 32, 16. c) 16, 32, 32.
- d) 32, 16, 32. e) 64, 32, 64.

Módulo 26 – Herança ligada ao sexo

- 1 (FUVEST)** – No heredograma abaixo, ocorrem dois meninos hemofílicos. A hemofilia tem herança recessiva ligada ao cromossomo X.



- a) Qual é a probabilidade de que uma segunda criança de II-4 e II-5 seja afetada?
 b) Qual é a probabilidade de II-2 ser portadora do alelo que causa a hemofilia?
 c) Se o avô materno de II-4 era afetado, qual era o fenótipo da avó materna? Justifique sua resposta.

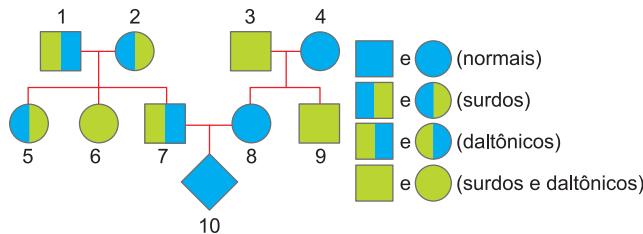
2 Um casal normal teve uma criança afetada por distrofia muscular de Duchenne, uma anomalia genética determinada por um alelo recessivo localizado no cromossomo X (X^d). Como não havia nenhum caso conhecido entre os familiares do casal, suspeitou-se que pudesse ter ocorrido mutação no gameta de um dos pais.

- a) Supondo-se verdadeira a hipótese de mutação ocorrida no gameta de um dos pais, qual deve ser o mais provável sexo da criança? Justifique sua resposta.
 b) Se a hipótese de mutação não for verdadeira, como poderá ser explicado o nascimento de uma criança afetada pela distrofia, a partir de um casal normal?

3 Lembrando que em aves o sexo heterogamético é o feminino, e que em pombos existe um gene letal embrionariamente, recessivo e ligado ao sexo, qual a proporção sexual esperada na descendência de um pombo heterozigoto para tal gene?

- a) 1 macho : 1 fêmea. b) 2 machos : 1 fêmea.
 c) 1 macho : 2 fêmeas. d) 3 machos : 1 fêmea.
 e) 2 machos : 3 fêmeas.

4 Analise o heredograma abaixo sobre surdez (autossômica) e daltonismo.



Qual a probabilidade do casal 7 x 8 ter um filho do sexo masculino, daltônico e de audição normal?

- a) $\frac{4}{4}$ b) $\frac{8}{16}$ c) $\frac{3}{16}$
 d) $\frac{9}{16}$ e) $\frac{7}{16}$

Módulo 27 - Herança holândrica e herança influenciada pelo sexo

1 Na espécie humana, a calvície é uma condição determinada por um gene que se comporta como dominante no homem e recessivo na mulher, com os seguintes genótipos e fenótipos:

Genótipos	Fenótipos	
	Homem	Mulher
C_1C_1	Normal	Normal
C_2C_2	Calvo	Calva
C_1C_2	Calvo	Normal

Um homem normal casa-se com uma mulher normal, cuja mãe era calva. Qual é a probabilidade de que esse casal tenha descendentes calvos?

2 Quais são as características de um gene holândrico?

3 Analise os cruzamentos abaixo, envolvendo a presença ou a ausência de chifres em carneiros:

P	Fêmea com chifres x macho sem chifres
F_1	Fêmeas sem chifres e machos com chifres
F_2	1/4 de fêmeas com chifres: 3/4 de fêmeas sem chifres 1/4 de machos sem chifres: 3/4 de machos com chifres

- a) Que tipo de herança produziu esse resultado?
 b) Determine os genótipos e fenótipos correspondentes em P, F_1 e F_2 .

4 Um homem calvo, filho de pai não calvo, casa-se como uma mulher não calva, filha de mãe calva e de pai hemofílico. Considerando que calvície é uma característica autossômica influenciada pelo sexo e hemofilia é uma característica ligada ao sexo, assinale a alternativa correta.

- a) A probabilidade de um menino nascido ser hemofílico e calvo é 3/8.
 b) A probabilidade de uma menina nascida ser calva e portadora do alelo para hemofilia é 1/4.
 c) A probabilidade de uma criança nascida ser um menino não calvo e não hemofílico é 1/64.
 d) A probabilidade de uma criança nascida ser uma menina não calva e não hemofílica é 6/64.
 e) A probabilidade de um menino nascido ser normal e não calvo é 3/16.

Módulo 28 - Genética de populações

1 (UNIRIO) – Suponha uma população com as seguintes frequências gênicas para um lócus com dois alelos.

$$p = \text{frequência do gene } B = 0,3$$

$$q = \text{frequência do gene } b = 0,7$$

Qual será a frequência genotípica dos descendentes se a população estiver em equilíbrio? Importante: associe cada genótipo à sua frequência.

2 A característica **sensibilidade ao PTC** é condicionada pelo gene dominante **I** e a característica **insensibilidade ao PTC** pelo alelo recessivo **i**. Dos 3 250 representantes da população em equilíbrio, 3 120 são sensíveis ao PTC e os restantes, insen-

síveis. De acordo com esses dados, calcule o número estimado de pessoas heterozigotas para a característica **sensibilidade ao PTC**, existentes nessa população.

- 3 (FATEC)** – Sabendo-se que, em determinada população em equilíbrio, a frequência de um gene autossômico recessivo é de 30%, a frequência de homozigotos dominantes e de heterozigotos serão, respectivamente,
- a) 9% e 42%.
 - b) 70% e 21%.
 - c) 49% e 9%.
 - d) 49% e 21%.
 - e) 49% e 42%.

- 4** Em uma certa população, 1% dos homens apresenta daltonismo. Sabendo-se que essa é uma anomalia determinada

por um gene recessivo d, presente no cromossomo X, a porcentagem esperada para mulheres daltônicas nessa população é:

- a) 1%
- b) 0,1%
- c) 0,01%
- d) 0,001%
- e) 0,0001%

- 5** Certa população, geneticamente equilibrada, apresenta as seguintes frequências para os genes que determinam os grupos sanguíneos do sistema ABO: $I^A = 30\%$, $I^B = 10\%$, $i = 60\%$.

Sabendo que a população é constituída por 30 mil indivíduos, determine as quantidades esperadas de indivíduos dos grupos O e AB.

RESOLUÇÃO DOS EXERCÍCIOS-TAREFAS

FRENTE 1

Módulo 45 - A excreção humana

- 1** O sangue da artéria renal é arterial e rico em ureia. O sangue da veia renal é venoso e pobre em ureia. Ao ser filtrado no néfron, a ureia é retirada do sangue e vai para a urina. Fornecendo O_2 aos tecidos do rim, o sangue arterial transforma-se em venoso.
- 2** a) O pequeno volume excretado decorre da grande reabsorção de água que ocorre ao longo do túbulo proximal, da alça de Henle (alça néfrica), do túbulo distal e do duto coletor.
b) No diabético, o excesso de glicose no sangue leva a um excesso de glicose no filtrado. A glicose em excesso no filtrado não é totalmente reabsorvida porque a capacidade do néfron de reabsorvê-la é limitada.

3 **Resposta: E**

4 **Resposta: A**

5 **Resposta: C**

Módulo 46 - O ciclo da ornitina e a osmorregulação em peixes

- 1** O ciclo ornitina-citrulina-arginina representa o meio pelo qual os mamíferos eliminam amônia. Se quaisquer dessas substâncias ou enzimas envolvidas nas reações estiverem ausentes, a amônia acumular-se-á no sangue como substância tóxica, podendo causar a morte do indivíduo.
- 2** a) A – amônia; B – ureia; C – ácido úrico
b) B
c) A excreção de ácido úrico é feita com perda de água muito pequena, constituinte adaptação para a vida em ambiente terrestre, onde a economia hídrica é fundamental.

3 **Resposta: C**

4 **Resposta: A**

5 **Resposta: C**

Módulo 47 - O sistema muscular

- 1** Liso: ausentes – lenta – SNA
Cardíaco: presentes – rápida – SNA
Esquelético: presentes – rápida – SNC
- 2** Proporcionar um meio de locomoção e sustentar outras estruturas orgânicas e produção de calor nos endotérmicos.
- 3** É o músculo estriado, controlado pelo sistema nervoso central.
- 4** a – banda A
b – banda I
c – filamento de miosina
Figura I – músculo relaxado
Figura II – músculo contraído

5 **Resposta: E**

6 **Resposta: A**

Módulo 48 - A fisiologia muscular

- 1** a) É a conversão de carboidratos em ácido lático, na ausência de oxigênio. O músculo, então, produz ATP por processo anaeróbico, resultando na produção de ácido lático. Ocorre durante movimentos prolongados ou exercícios físicos intensos.
b) O fosfato de creatina converte as moléculas de ADP em moléculas de ATP à medida que este vai sendo utilizado pelo músculo. É um reservatório extra de energia para a contração muscular.
c) O glicogênio constitui um reservatório de energia de médio prazo para as células, o qual é transformado em moléculas de glicose que são utilizadas na respiração celular para gerar ATP.
- 2** A proteína das células musculares é a actomiosina, um complexo formado por duas proteínas: actina e miosina.
- 3** A fonte de energia imediata para a contração muscular provém do complexo actomiosina-ATP. Durante a contração, o complexo actomiosina-ATP se rompe, dando o complexo actomiosina-ADP, com o desprendimento de energia e liberação do grupo fosfato.

- 4** Em atividades físicas intensas e prolongadas, pode ocorrer falta de oxigênio nas células musculares. Nestas condições, o músculo realiza a fermentação lática, que produz ácido lático, o qual origina a fadiga muscular.

5 Resposta: A

6 Resposta: B

Módulo 49 - O sistema nervoso

- 1** Os dendritos são vários prolongamentos curtos e ramificados. O axônio é um prolongamento único, bem mais longo, que se ramifica na extremidade.

- 2** a) O neurônio é a célula nervosa, que apresenta: corpo celular, dendritos e axônio.

O nervo é um conjunto de dendritos, de axônios ou de ambos, cujos corpos celulares se localizam no sistema nervoso central ou nos gânglios nervosos.

- b) A sinapse é uma região de contiguidade entre axônios e dendritos. Ela corresponde ao espaço ultramicroscópico no qual as terminações axônicas liberam transmissores químicos que estimulam os dendritos de outros neurônios.

3 Resposta: B

4 Resposta: A

5 Resposta: A

Módulo 50 - A origem e a propagação do impulso nervoso

- 1** A membrana da fibra nervosa, quando em repouso, está polarizada, isto é, a sua superfície externa é eletricamente positiva em relação à interna, eletricamente negativa. Isto se deve à permeabilidade seletiva da membrana plasmática, que só se deixa atravessar por determinados íons.

- 2** O “diálogo” entre neurônios ocorre por meio de inúmeras conexões denominadas **sinapses neurais**, através das quais neurotransmissores conduzem as informações nervosas que determinam a capacidade do sistema nervoso de controlar e regular as atividades vitais, além de integrar o organismo ao ambiente.

- 3** Os canais de sódio abrem-se imediatamente após o estímulo, permitindo a entrada de cargas positivas (Na^+) na célula e a despolarização da membrana, e fecham-se em seguida.

Os canais de potássio abrem-se mais lentamente do que os canais de sódio, permitindo a saída de cargas positivas (K^+) do citosol da célula e a repolarização da membrana, e fecham-se em seguida.

- 4** a) Dendritos, corpo celular e axônio.
b) Na sinapse neuro-neural.
c) Por meio da despolarização da membrana plasmática (bomba de sódio e potássio).

5 Resposta: A

Módulo 51 - O ato reflexo

- 1** a) Neurônio sensitivo – recebe, através dos dendritos, os estímulos captados pelos corpúsculos sensoriais conduzindo-os para a medula espinhal.
b) Neurônio motor – parte da medula e conduz a ordem de ação para a contração dos músculos do efetor.
c) Neurônio associativo – situado no sistema nervoso central, estabelece sinapse com o axônio do neurônio sensitivo e com o corpo celular do neurônio motor.
- 2** O estímulo (pancada) origina um impulso nervoso que é conduzido por um neurônio sensorial até a medula, onde a informação adquirida é transformada em ordem de ação. Essa ordem é conduzida por neurônios motores até o órgão efetor (músculo da coxa) que se contrai levantando a perna.

3 Resposta: E

4 Resposta: B

5 Resposta: A

Módulo 52 - Divisão do sistema nervoso

Central (SNC)	Encéfalo
	Medula
Periférico (SNP)	Nervos cranianos
	Nervos raquidianos
Autônomo (SNA)	Simpático
	Parassimpático

- 2** A atividade motora da musculatura esquelética é controlada por fibras do sistema nervoso central. A lisa e a cardíaca recebem inervação do SNA.

- 3** a) A transmissão do impulso nervoso é realizada graças à liberação de neurotransmissores, como por exemplo, acetilcolina, pelos axônios, na placa motora ou sinapse neuromuscular.
b) A ação do sistema nervoso central coordena a movimentação, que é facilitada porque os músculos se fixam ao esqueleto através dos ligamentos ou tendões.

4 Resposta: B

5 Resposta: B

Módulo 53 - O sistema endócrino

- 1** 1. Ocitocina
2. Somatotrófico
3. Tireotrófico
4. Foliculestimulante
5. Luteinizante
6. Progesterona

- 2** a) Curva A → estrógenos
Curva B → progesterona
Se houver fecundação e implantação, os níveis desses hormônios se manterão elevados.
b) O endométrio tem como função a nutrição do embrião.
A musculatura lisa é responsável pela eliminação do material menstrual e pela expulsão do feto ao final da gestação.

- 3** a) Ocorrendo a falência ovariana, após a menopausa, as taxas do estrogênio e da progesterona sofrem uma queda e, consequentemente, as taxas dos hormônios FSH e LH, secretados pela adenoipófise, serão elevadas.
b) A queda da taxa de progesterona, hormônio ovariano, estimula a secreção do FSH pela adenoipófise. Esse mecanismo de controle da secreção hormonal é denominado *feedback* ou retroalimentação.

- 4** a) Menstruação, fase folicular, ovulação e fase do corpo amarelo.
b) A fecundação ocorre no período da ovulação.

- 5** a) Glândulas paratireóideas.
b) O paratormônio em excesso retira cálcio dos ossos.

Módulo 54 - Os métodos anticoncepcionais

- 1** Se a dose de medroxiprogesterona administrada for menor que a recomendada, não inibirá a secreção de FSH e LH, hormônios responsáveis pela maturação do folículo ovariano e ovulação, colocando em risco a eficácia na prevenção da gravidez.

2 **Resposta: E**

- 3** a) O DIU (dispositivo intrauterino) é considerado um método contraceptivo eficaz. Esse dispositivo é um pequeno objeto de plástico ou de metal colocado no útero. Ele libera sais de cobre que funcionam como espermicida, além de dificultar a implantação do embrião no endométrio uterino.
b) Em um ciclo menstrual regular de 28 dias, a menor chance de ocorrer uma gravidez exclui o período fértil. Esse período ocorre por volta do 14.º dia após o início do ciclo (1.º dia de sangramento). O óvulo dura cerca de 2 dias na tuba uterina e o espermatozoide 3 dias. O período fértil, portanto, vai do 9.º ao 19.º dia do ciclo.

4 **Resposta: D**

Módulo 55 - Glândula tireóidea e glândulas paratireóideas

- 1** A falta de iodo no organismo impede a produção de tiroxina. O baixo teor deste hormônio provoca uma liberação constante da tirotrofina pela hipófise; essa estimulação, por sua vez, leva a um aumento da glândula.

- 2** a) Paratormônio: remoção de cálcio do osso, quando o nível deste estiver baixo no sangue.
Calcitonina: promove o depósito de cálcio no osso, quanto este se encontra elevado no sangue.
b) Os componentes inorgânicos mantêm a forma original do osso (se for retirado do osso, este se torna flexível, podendo ser dobrado); são responsáveis pelo fortalecimento do osso ou pela ossificação ou calcificação.

3 **Resposta: C**

4 **Resposta: D**

5 **Resposta: D**

Módulo 56 - Pâncreas e adrenais

- 1** a) O órgão utilizado na experiência foi o **pâncreas**.
b) Espera-se um aumento na quantidade de glicose presente na urina excretada (glicosúria). Tal fato pode ser evidenciado porque o pâncreas produz e secreta a **insulina**, que é o hormônio que controla a taxa de glicose no organismo.

O distúrbio hormonal verificado com a retirada do pâncreas é o diabetes melito.

- c) A substância digerida é o hidrato de carbono, sob a ação da amilase pancreática.

- 2** a) Na etapa I, a glicemia aumentou por causa da absorção intestinal da glicose. Em II, o nível foi restabelecido graças à atividade da insulina, que aumentou a permeabilidade da membrana celular em relação à glicose.
b) Na etapa III, a glicemia manteve-se constante em virtude, por exemplo, da atividade do glucagon, que promoveu a passagem de glicose do fígado para o sangue.

- 3** a) Após uma refeição, carboidratos, como o amido, sofrem digestão, originando a glicose, que é absorvida, passando ao sangue.
Entre as refeições, a glicemia diminui porque a glicose presente no sangue vai gradualmente, com o auxílio da insulina, passando para o interior das células.
b) Porque apresenta deficiência de insulina ou células resistentes à ação dela.

4 **Resposta: C**

FRENTE 2

Módulo 23 - Ligação fatorial (*linkage*) e permutação (*crossing-over*)

- 1** a) 25% AB, 25% Ab, 25% aB e 25% ab
b) 50% AB e 50% ab
c) 40% Ab, 40% aB, 10% AB e 10% ab

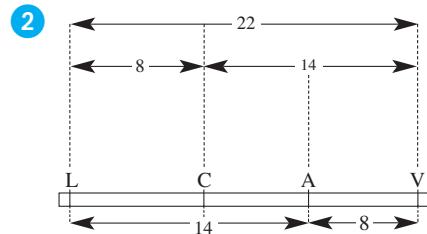
- 2** (P) RS/rs x rs/rs
(F1) 34% RS/rs, 34% rs/rs, 16% Rs/rs, 10% rS/rs
RS/rs = 34% de 1200 = 408
rs/rs = 34% de 1200 = 408
Rs/rs = 16% de 1200 = 192
rS/rs = 16% de 1200 = 192

- 3** Os resultados contrariam a Segunda Lei de Mendel porque os genes **A** e **B**, como seus alelos **a** e **b**, estão ligados com permutação igual a 20%.

- 4** a) 40 com flores púrpuras e grãos de pólen longos;
40 com flores vermelhas e grãos de pólen redondos;
40 com flores púrpuras e grãos de pólen redondos;
40 com flores vermelhas e grãos de pólen longos.
b) As diferenças acontecem porque os genes determinantes da cor das flores e da forma dos grãos de pólen estão ligados, ou seja, situados no mesmo cromossomo.

Módulo 24 - Mapas cromossômicos

- 1 a) Frequência de permutação =
 $= 98 + 102 / 2000 \times 100 = 10\%$
Distância = 10 morganídeos
b) Disposição cis (CD/cd)



3 Resposta: C

4 Resposta: E

Módulo 25 - Determinação do sexo

1 $1 = 32$ $2 = 64$ $3 = 1$
 $4 = 31$ $5 = 64$

2 I. 23 II. 22 III. 1 IV. 44

- 3 a) Sexo feminino.
b) Consiste num cromossomo X condensado durante a interfase.
c) Duas.
d) O número de cromatinas sexuais é igual ao número de cromossomos X – 1.

4 Rainhas = $2n = 32$
Zangões = $n = 16$
Operárias = $2n = 32$
Resposta: D

Módulo 26 - Herança ligada ao sexo

- 1 a) $P(\text{criança afetada}) = P(X_hY) = 1/2 \cdot 1/2 = 1/4$.
b) $P(\text{II-2 } X_HX_h) = 1/2$.
c) O fenótipo da avó materna era normal, pelo fato de ela ser portadora do cromossomo X_H que transmitiu para a filha.
- 2 a) Deve ser um menino que recebeu o cromossomo Y do pai e cromossomo X, com o gene mutante, da mãe.
b) Apesar de normal, a mãe é portadora do gene d , tendo o genótipo $XDXd$.

3 **Resposta: B**

- 4 Alelos: D (normal), d (daltônicos), S (normal) e s (surdo)
(7) X_dYSS x (8) X_DX_dSs
 $P(8 X_dY SS \text{ ou } Ss) = 1/2 \cdot 1/2 \cdot 3/4 = 3/16$

Resposta: C

Módulo 27 - Herança holândrica e herança influenciada pelo sexo

- 1 (Homem) C_1C_1 x (Mulher) C_1C_2
Prole: $1/2 C_1C_1 : 1/2 C_1C_2$
 $P(\text{menino calvo}) = 1/2 \cdot 1/2 = 1/4$ ou 25%
- 2 Transmissão direta de pai para filho do sexo masculino.
Ausência de dominância e recessividade restritas ao sexo masculino.
- 3 a) Herança influenciada pelo sexo ou variação de dominância. O gene C_1 , que condiciona presença de chifres, é dominante no macho e recessivo na fêmea, em relação ao gene C_2 , que determina ausência de chifres.
b) P – Fêmea C_1C_1 x macho C_2C_2
 $F_1 - C_1C_2 = \text{machos com chifres e fêmeas sem chifres}$
 $F_2 - 1/4 C_1C_1 - 1/2 C_1C_2 - 1/4 C_2C_2$
Fêmeas – $1/4$ com chifres e $3/4$ sem chifres.
Machos – $3/4$ com chifres e $1/4$ sem chifres.

4 $P(\text{menino hemofílico}) = 1/2$
 $P(\text{menino ser calvo}) = 3/4$
 $P(\text{menino ser hemofílico e calvo}) =$
 $= 1/2 \cdot 3/4 = 3/8$

Resposta: A

Módulo 28 - Genética de populações

1 $BB = 0,3^2 = 0,09 = 9\%$
 $bb = 0,7^2 = 0,49 = 49\%$
 $Bb = 2 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 0,42 = 42\%$

2 Número de $ii = 130$
Frequência de $ii = 130/3250 = 0,04 = 4\%$
Frequência de $i = \sqrt{0,04} = 0,2$
Frequência de $I = 0,8$
Frequência de $li = 2 \cdot 0,8 \cdot 0,2 = 0,32$ ou 32%
Número de $li = 32\% \text{ de } 3.250 = 1.040$

3 $a = 0,3$ e $A = 0,7$
 $AA = 0,7^2 = 0,49 = 49\%$
 $Aa = 2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 0,42 = 42\%$
Resposta: E

4 Frequência de $X_d = 1\%$ ou 0,01
Frequência do gene $d = 0,01$
Frequência de $X_dX_d = (0,01)^2 = 0,0001\%$
Resposta: E

5 Frequência de $O = ii = 0,6^2 = 0,36 = 36\%$
Número de indivíduos $O = 36\% \text{ de } 30.000 = 10.800$
Frequência de $AB = |A||B| = 2 \times 0,3 \times 0,1 = 0,06 = 6\%$
Número de indivíduos $AB = 6\% \text{ de } 30.000 = 1.800$