

**UNAERP**

**Nutrição Clínica: da gestação ao envelhecimento**

# **FISIOLOGIA DO ADULTO E IDOSO**

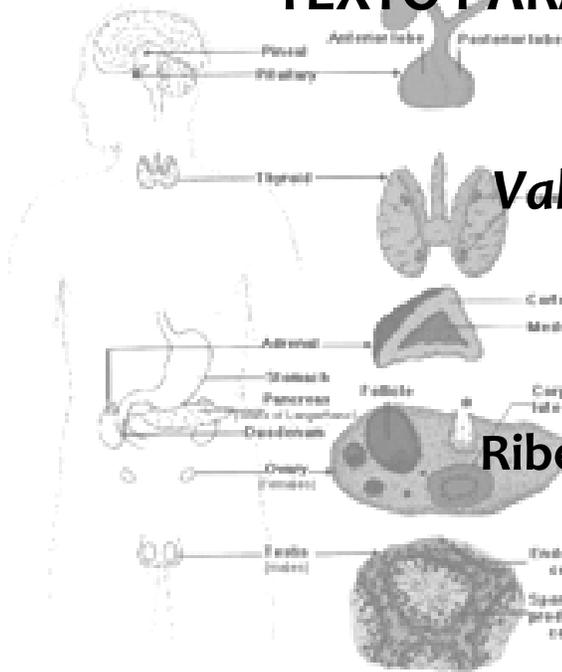


***Fisiologia do adulto saudável***



***Fisiologia do envelhecimento: o declínio dos sistemas cardiovascular, respiratório, renal, reprodutor, digestório, endócrino e nervoso***

**TEXTO PARA FINS DIDÁTICOS**



***Valéria Catelli Infantozzi Costa***

**Ribeirão Preto  
2008**



## SUMÁRIO

<b>FISIOLOGIA DO ADULTO SAUDÁVEL .....</b>	<b>3</b>
SISTEMA CARDIOVASCULAR .....	3
<i>Compartimentos do coração .....</i>	3
<i>Circulação Pulmonar e Sistêmica e suas funções.....</i>	3
<i>Nódulo sino-atrial e sua importância .....</i>	3
<i>Sistema Circulatório: mecanismos de regulação .....</i>	4
<i>Mecanismos de regulação neural do sistema circulatório.....</i>	4
<i>Regulação do aumento/diminuição da pressão arterial através dos mecanismos de trocas líquidas ao nível dos capilares e de excreção pelos rins.....</i>	4
SISTEMAS RESPIRATÓRIO.....	5
<i>Movimentos respiratórios: inspiração e expiração.....</i>	5
<i>Sistema Respiratório: mecanismos de controle da respiração.....</i>	5
SISTEMAS RENAL .....	5
<i>Néfron e sua importância.....</i>	5
<i>Regulação da reabsorção de água nos túbulos dos néfrons.....</i>	6
<i>Função da bexiga .....</i>	6
<i>Micção e seus mecanismos de regulação.....</i>	6
SISTEMA REPRODUTOR FEMININO .....	7
<i>Controle nervoso do ato sexual feminino.....</i>	7
SISTEMA REPRODUTOR MASCULINO .....	7
<i>Ereção, emissão e ejaculação com seus respectivos controles neurais .....</i>	8
SISTEMA DIGESTÓRIO .....	8
<i>Fisiologia da Digestão.....</i>	9
<i>Boca.....</i>	10
<i>Estômago .....</i>	10
<i>Intestino delgado .....</i>	10
<i>Absorção e eliminação de resíduos .....</i>	10
<i>Controle das glândulas digestivas.....</i>	11
<i>Regulação da atividade do tubo digestivo: Sistema Nervoso Autônomo .....</i>	11
SISTEMA ENDÓCRINO .....	12
SISTEMA NERVOSO.....	15
<i>Unidades Básicas do Sistema Nervoso .....</i>	15
<i>Neurônios.....</i>	15
<i>Impulso nervoso.....</i>	16
<i>Neurotransmissores .....</i>	17
<i>Divisões do Sistema Nervoso: .....</i>	17
<i>Sistema Nervoso Periférico (SNP).....</i>	17
<i>Sistema Nervoso Central (SNC) .....</i>	19
<i>Sistemas Sensoriais e Sistemas Motores .....</i>	21
<i>Sistemas Sensoriais (SS) .....</i>	21
<i>Sistemas Motores (SM) .....</i>	22
<i>Atividade Nervosa Superior .....</i>	23
<i>Funções cerebrais superiores: praxia, gnosis, linguagem, atenção, memória e funções executivas.....</i>	23
<i>Praxia .....</i>	23
<i>Gnosis.....</i>	23

<i>Linguagem e Fala</i> .....	24
<i>Atenção</i> .....	24
<i>Memória</i> .....	24
<i>Funções Executivas ou Funções Intelectuais Superiores</i> .....	26
<i>Mais algumas considerações sobre o Sistema Nervoso</i> .....	26
<i>Áreas de Associação</i> .....	26
<i>Os hemisférios cerebrais</i> .....	26
<i>Glossário</i> .....	27
<b>FISIOLOGIA DO ENVELHECIMENTO: O DECLÍNIO DOS SISTEMAS CARDIOVASCULAR, RESPIRATÓRIO, RENAL, DIGESTÓRIO, ENDÓCRINO E NERVOSO</b> .....	<b>29</b>
SISTEMA CARDIOVASCULAR .....	29
SISTEMAS RESPIRATÓRIO.....	29
SISTEMAS RENAL .....	30
SISTEMA DIGESTÓRIO .....	30
SISTEMA ENDÓCRINO .....	31
<i>Diabetes</i> .....	31
SISTEMA NERVOSO.....	32
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>33</b>

# FISIOLOGIA DO ADULTO SAUDÁVEL

## Sistema Cardiovascular

**Principais componentes:** coração, vasos (artérias, veias e capilares).

**Principais funções:** transporte de O<sub>2</sub>, nutrientes, hormônios para as células e remoção de produtos indesejáveis; defesa do organismo (por meio do transporte de anti-toxinas e glóbulos brancos); também auxilia na manutenção do conteúdo de H<sub>2</sub>O e íons, pH e temperatura do corpo.

### Compartimentos do coração

O coração é formado por quatro câmaras: as superiores são chamadas átrios (direito e esquerdo) e as inferiores são os ventrículos (direito e esquerdo).

### Vasos da base do coração

Vasos aferentes => veias cava (superior e inferior) e as veias pulmonares.

Vasos eferentes => artéria pulmonar e a artéria aorta.

### Circulação Pulmonar e Sistêmica e suas funções

#### 1. Circulação Pulmonar:

Do átrio direito o sangue é impulsionado para o ventrículo direito; do ventrículo direito o sangue é levado para os pulmões através das artérias pulmonares. Nos pulmões ocorrem as trocas gasosas ==> O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>; dos pulmões, o sangue arterial retorna ao coração pelas veias pulmonares, entrando no átrio esquerdo.

#### 2. Circulação Sistêmica:

Do ventrículo esquerdo o sangue arterial (oxigenado) é levado, através da artéria aorta, para todos os tecidos do corpo (órgãos, tecidos, células). Nas células ocorrem as trocas gasosas; dos tecidos o sangue venoso (não-oxigenado, com grande quantidade de gás carbônico) entra no átrio direito através das veias cavas (superior e inferior).

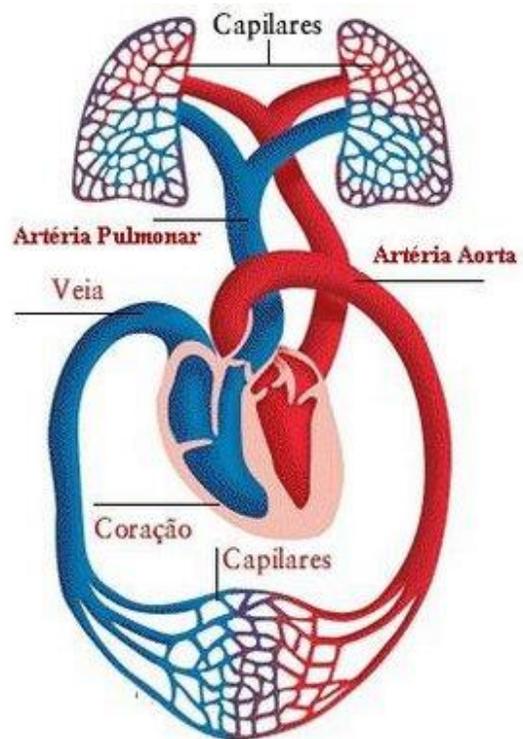
### Nódulo sino-atrial e sua importância

O nódulo sino-atrial é um conjunto de células musculares diferenciadas que disparam potenciais de ação em uma determinada frequência - cada potencial de ação levará à contração do coração. Portanto, funciona como um marca-passo e é o responsável pela perfeita seqüência de contrações/relaxamentos realizada pelo músculo cardíaco.

### Sístole e diástole

**Sístole** -> contração do coração, a contração de átrios e ventrículos promove a impulsão do sangue dos átrios para os ventrículos e dos ventrículos para as artérias, respectivamente.

**Diástole** -> relaxamento do coração, permite aos átrios (e também aos ventrículos) serem preenchidos pelo sangue.



### ***Sistema Circulatório: mecanismos de regulação***

volume sanguíneo x resistência dos vasos sanguíneos = pressão arterial

A partir da fórmula acima, podemos tirar algumas conclusões acerca do funcionamento do sistema circulatório:

Em caso de aumento do volume sanguíneo, as paredes dos vasos vão suportar uma maior pressão, pois quanto maior a quantidade de líquidos dentro de um vaso que tem diâmetro com pouca capacidade de distensão, maior a força que este líquido exercerá sobre as paredes dos vasos (portanto maior também deverá ser a resistência destes vasos para suportar a pressão aumentada):

↑ volume sanguíneo x resistência dos vasos sanguíneos = ↑ pressão arterial

2. Em caso de diminuição do volume sanguíneo, a pressão exercida pelo sangue sobre os vasos diminui (portanto menor também deverá ser a resistência destes vasos para suportar a pressão diminuída):

↓ volume sanguíneo x resistência dos vasos sanguíneos = ↓ pressão arterial

### ***Mecanismos de regulação neural do sistema circulatório.***

O coração recebe inervação tanto do sistema nervoso parassimpático (SNP), quanto do sistema nervoso simpático (SNS). Os neurônios do SNP e SNS ligados ao coração, quando excitados, liberam seus respectivos neurotransmissores que provocarão um efeito específico no músculo cardíaco.

O sistema simpático libera adrenalina que promove o aumento da frequência cardíaca e maior força de contração do músculo cardíaco. Além disso, a estimulação do SNS sobre os vasos sanguíneos (artérias de pequeno calibre e arteríolas) causa a vasoconstrição destes, ou seja, o estreitamento dos vasos. Esta diminuição da luz, estreitamento dos vasos (diminuição do volume total de compartimento sanguíneo) promove o aumento da pressão arterial. No sistema parassimpático os neurônios que se ligam ao coração, quando excitados liberam acetilcolina, promovendo uma diminuição da frequência cardíaca.

### ***Regulação do aumento/diminuição da pressão arterial através dos mecanismos de trocas líquidas ao nível dos capilares e de excreção pelos rins.***

Tecido é um conjunto de células organizadas para o desempenho de algum tipo de função. O sangue, ao contrário do que muitos imaginam, é um tecido tal como o tecido muscular, tecido epitelial, etc. O tecido sanguíneo é um dos subtipos do tecido conjuntivo, que se caracteriza por ter suas células separadas umas das outras por uma quantidade muito grande de substância intersticial. As células do tecido sanguíneo são as hemácias ou glóbulos vermelhos, os leucócitos ou glóbulos brancos e as plaquetas (que, na verdade são fragmentos de células). A substância intersticial onde estão imersas estas células é o plasma, cujo principal componente é a água.

Como já explanado acima, o aumento do volume de líquidos no tecido sanguíneo faz com que haja um aumento da pressão arterial, bem como a diminuição de seu volume leva a uma queda da pressão arterial. Nosso organismo dispõe de alguns mecanismos para a manutenção da pressão arterial adequada para seu funcionamento:

Mecanismo de trocas líquidas ao nível dos capilares:

Os capilares fazem diversos tipos de trocas com as células. Dentre estas substâncias está a água. A perda de líquido dos capilares para o líquido intersticial é uma forma de abaixar a pressão. Ao contrário, quando a pressão diminui demais, um conjunto de fatores podem levar o organismo a fazer com que haja a passagem de água da região intersticial para os capilares, fazendo com que haja um aumento do volume do sangue e conseqüente aumento da pressão.

### *Mecanismo de excreção renal:*

Quando a pressão está alta ocorre maior perda de líquido através da urina, o que faz diminuir o volume sanguíneo e abaixar a pressão. Ao contrário, quando a pressão diminui demais, há menor perda de água através da urina.

## **Sistemas Respiratório**

**Principais componentes:** cavidades (ou fossas) nasais, faringe, laringe, traquéia (que se ramifica nos brônquios), alvéolos e pulmões.

**Principais funções:** trocas gasosas (captação de O<sub>2</sub> – remoção de CO<sub>2</sub>).

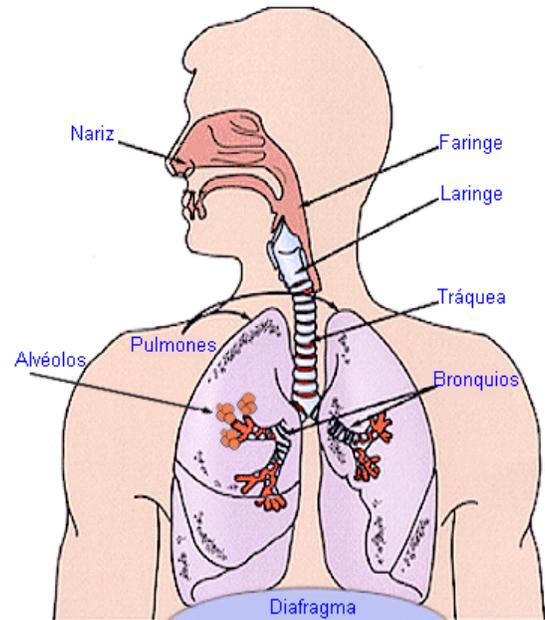
**Movimentos respiratórios: inspiração e expiração.**

O diafragma e os músculos intercostais, na inspiração (que ocorre quando enchemos o pulmão de ar), recebem impulsos nervosos que fazem com que estes músculos se movimentem no sentido de aumentarem o volume da caixa torácica. Com o aumento de volume da caixa torácica, diminui a pressão em seu interior, permitindo assim que o ar entre nos pulmões. Na expiração, os músculos citados movimentam-se de tal forma a diminuir o volume da caixa torácica, aumentando a pressão no seu interior e ocorre então a saída de ar dos pulmões.

**Sistema Respiratório: mecanismos de controle da respiração.**

A respiração espontânea é produzida por movimentos respiratórios involuntários, que são controlados pelos centros respiratórios do bulbo (no bulbo localizam-se os centros respiratórios, formado por neurônios que se ligam aos músculos respiratórios - diafragma e intercostais).

É preciso manter estáveis os níveis de gases do organismo, pois, quando há um aumento de CO<sub>2</sub> e H<sup>+</sup> nos tecidos, o pH torna-se ácido. O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> promove imediatamente, a estimulação para que ocorra a intensificação do ritmo respiratório (frequência respiratória) e com isso haverá a eliminação do excesso de CO<sub>2</sub>. As fibras nervosas (neurônios) que fazem parte do bulbo (centro respiratório) estimulam a contração e/ou relaxamento dos músculos responsáveis pela respiração — diafragma e músculos intercostais— ocorrendo a expansão e/ou a diminuição da caixa torácica, por meio dos processos de inspiração e expiração. Para manter esse equilíbrio, há, no bulbo, quimiorreceptores que detectam a presença elevada de CO<sub>2</sub> e H<sup>+</sup>. Os quimiorreceptores ativam e estimulam o centro respiratório, aumentando, conseqüentemente, a frequência respiratória. Ao aumentar a frequência respiratória, o CO<sub>2</sub> é expelido com maior rapidez, o que faz com que a concentração de H<sup>+</sup> diminua e o pH mantenha-se estável.



## **Sistemas Renal**

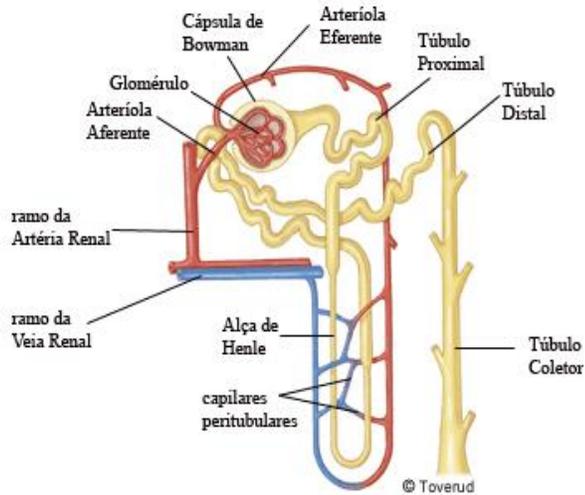
**Principais componentes:** dois rins, dois ureteres, bexiga e uretra.

**Principais funções:** excreção de substâncias tóxicas, o equilíbrio hídrico e o controle de íons.

**Néfron e sua importância.**

O néfron é a unidade funcional e estrutural dos rins, onde é realizada a filtração do sangue e a formação da urina. Em cada rim existem cerca de um milhão dessas microscópicas unidades filtradoras.

O néfron é formado por duas partes principais: o corpúsculo renal e os túbulos. O corpúsculo renal é formado por tufo de capilares, que é o glomérulo, envolto por uma cápsula, a cápsula de Bowman. Os túbulos são divididos em quatro segmentos seqüenciais: o túbulo proximal, a alça de Henle, o túbulo distal e o túbulo coletor.



**Regulação da reabsorção de água nos túbulos dos néfrons.**

A filtração glomerular é a primeira etapa na formação da urina. O sangue arterial é conduzido sob alta pressão nos capilares do glomérulo. Essa pressão, que normalmente pe de 70 a 80 mmHg, tem intensidade suficiente para que parte do plasma passe para a cápsula de Bowman, onde as substâncias pequenas - água, sais, vitaminas, açúcares, aminoácidos e excretas - saem do glomérulo e entram na cápsula de Bowman. Somente as células sanguíneas (não é possível filtrar) e as proteínas (devido ao seu

tamanho que é grande e a carga que é igual a barreira de filtração,então vai repelir) não vão ser filtradas. Esse processo resulta em um líquido que recebe o nome de filtrado glomerular. Taxa de filtração glomerular (TFG) é o volume de água filtrada fora do plasma pelas paredes dos capilares glomerulares nas cápsulas de Bowman, por unidade de tempo.

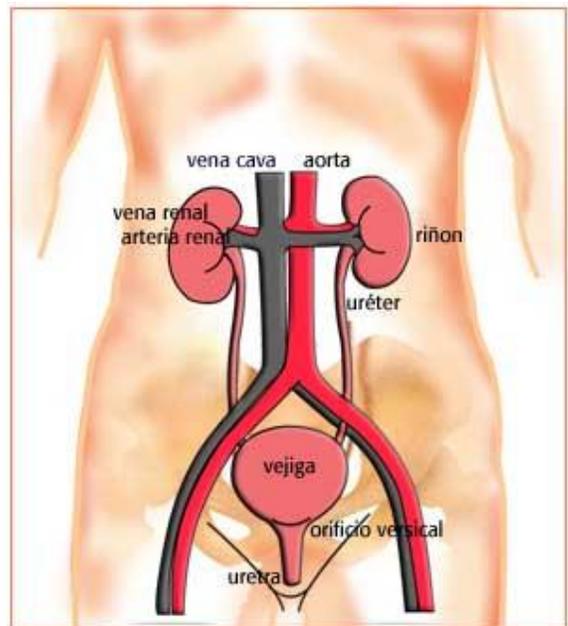
Existem capilares que envolvem os túbulos para reabsorver substâncias que foram filtradas na cápsula de Bowman, mas que são importantes para o organismo (glicose, H<sub>2</sub>O, íons). Devido à ação de hormônios, os túbulos tornam-se muito permeáveis, conseqüentemente há uma grande difusão de H<sub>2</sub>O para os capilares, o que torna a urina concentrada e em pouco volume. Ou os túbulos podem se tornar impermeáveis, o que irá aumentar a concentração de H<sub>2</sub>O no túbulo tornando a urina diluída e em grande volume.

**Função da bexiga**

A bexiga é formada por tecido muscular. É uma bolsa de músculo liso que tem por função armazenar a urina.

**Micção e seus mecanismos de regulação**

A micção é o esvaziamento da bexiga. Quando ocorre a distensão das paredes da bexiga, os neurônios receptores de estiramento são ativados, levando a informação do grau de estiramento aos neurônios da medula espinhal. A sinapse de um nervo parassimpático libera acetilcolina nos músculos da bexiga, esfíncteres interno e externo. Esta estimulação do sistema parassimpático faz com que a bexiga contraia-se e os esfíncteres interno e externo abram-se relaxamento dos esfíncteres. Assim, ocorre a saída da urina para o exterior do organismo. Com o aprendizado é possível controlar o esvaziamento da bexiga. Esse controle é promovido por neurônios do sistema nervoso superior que inibem o efeito do sistema parassimpático sobre o esfíncter externo, mantendo este contraído. Dessa forma, apesar da bexiga estar contraída e o esfíncter interno estar aberto, a urina não pode ser eliminada, pois o esfíncter externo está fechado. Quando o momento é adequado e o indivíduo quiser urinar, é então, retirado o bloqueio do sistema superior sobre o sistema parassimpático que promoverá então a abertura do esfíncter externo e a urina será eliminada.



## Sistema Reprodutor Feminino

**Principais componentes:** ovários, trompas, útero e vagina.

Principais funções: reprodução.

**Ovários** => São em número de dois, e são os responsáveis pela formação e amadurecimento dos óvulos, além da produção do estrógeno e progesterona;

**Trompas** => Conduzem o óvulo do ovário ao útero (uma de cada lado);

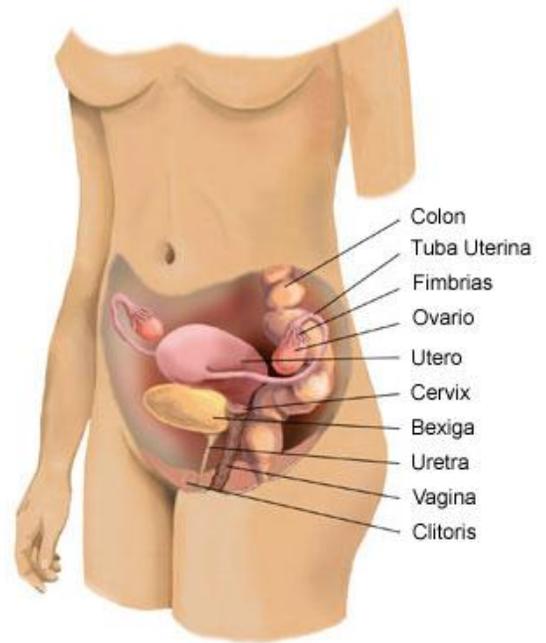
**Útero** => Órgão musculoso cuja função é a de abrigar o embrião desde o momento da implantação até o parto;

**Canal Vaginal** => Local por onde penetra o órgão copulador do macho para introduzir os gametas masculinos (espermatozoides) e por onde sai o bebê, no parto.

### Controle nervoso do ato sexual feminino

O controle do ato sexual feminino inicia-se com a estimulação do sistema nervoso superior e/ou estimulação local dos genitais (principalmente a região do clitóris). Essas estimulações levam para a medula informações que ativam os neurônios do **sistema parassimpático**, que através de sinapses com a vagina, útero, genitais externos, provocam uma vaso dilatação nessas regiões, tornando-as intumescidas, o que corresponde à sensação de excitação. As células que estão no epitélio da vagina e as glândulas vestibulares também são estimuladas pelo sistema parassimpático liberando muco (lubrificação).

Em resposta ao sistema parassimpático, o **sistema simpático** é ativado após chegar ao ápice da estimulação. A ativação do sistema simpático produzirá contrações rítmicas da vagina, o útero e músculos pélvicos, o que corresponde ao momento do orgasmo feminino.



## Sistema Reprodutor Masculino

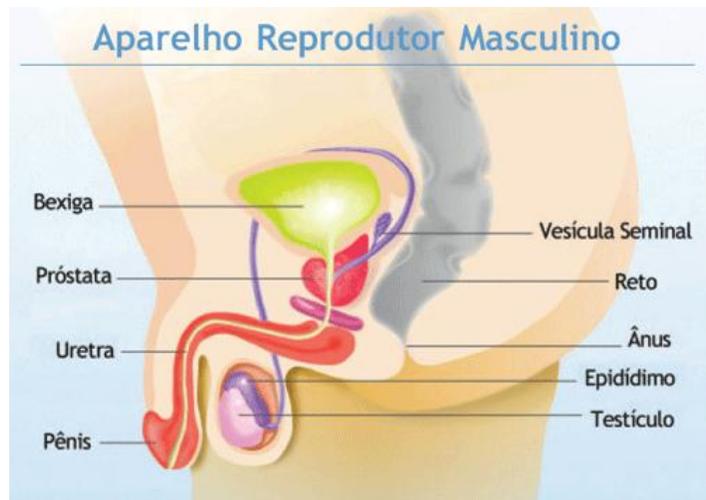
**Principais componentes:** bolsa escrotal, testículos, epidídimos, canais deferentes, uretra, vesículas seminais, próstata e pênis.

Principais funções: reprodução.

**Testículos** => produção de espermatozoides. Os espermatozoides são produzidos nos tubos seminíferos do interior dos testículos. Entre os tubos seminíferos existem células que produzem testosterona - hormônio masculino responsável pelo desenvolvimento do aparelho reprodutor, produção dos espermatozoides e pelas características sexuais secundárias. A testosterona é produzida sob o controle da hipófise.

**Epidídimos** => armazenamento e maturação dos espermatozoides. São tubos enrolados entre si (cerca de 5cm).

**Canais deferentes** => levam os espermatozoides até o ducto ejaculador (onde recebem secreções da vesícula seminal e da próstata) podendo ser eliminado pela uretra durante a ejaculação.



**Vesícula seminal** => glândula que secreta o líquido seminal (que junta-se aos espermatozóides para formar o sêmen. Função de nutrição.

**Próstata** => secreta líquido prostático que tem a função de tornar o meio básico. Junta-se ao espermatozóide para formar o sêmen.

\* líquido seminal + líquido prostático + espermatozóides = sêmen.

(funções de nutrir e proteger os espermatozóides)

**Pênis** => Órgão copulador que tem como função introduzir o sêmen dentro do aparelho reprodutor feminino. Constituído de tecidos eréteis que formam a genitália masculina. Possui na extremidade livre uma região muito sensível - a glândula -, que é geralmente coberta por uma pele retrátil - o prepúcio. Em seu interior possui um tecido esponjoso que apresenta inúmeras cavidades, denominadas corpos cavernosos, por onde o afluxo do sangue nessas cavidades, distende o pênis causando a ereção.

#### *Ereção, emissão e ejaculação com seus respectivos controles neurais*

**Ereção** => é um ato reflexo que ocorre ao nível da medula e é involuntário. Os fatores que propiciam a ereção podem ser físicos - estimulação local dos genitais ou emocionais /afetivos - estimulação do sistema nervoso superior. Ambas ou apenas umas das estimulações desencadeiam o seguinte processo: estimulam o **sistema parassimpático** que ativa os neurônios que saem da medula e vão:

1. se ligar às artérias que irrigam o pênis provocando uma vasodilatação, ocorrendo então um afluxo dos sangue para os corpos cavernosos e esponjosos), que distendem e dão origem à ereção;
2. à glândula de Cowper (ou bulbo-uretral) que, quando estimuladas, liberam na uretra muco para lubrificação da vagina.

Esta estimulação atinge um nível tal que inicia a ativação do **sistema simpático** causando a emissão.

**Emissão** => é a trajetória dos espermatozóides até a uretra e liberação das secreções na uretra: a estimulação , através do sistema simpático, vai ativar os neurônios da medula que se ligam ao epidídimo e ao canal deferente provocando contrações que levam os espermatozóides até o ducto ejaculador, e também se ligam às vesículas seminais e próstata que liberam secreções na uretra que se juntam aos espermatozóides formando o sêmen. Em seguida ocorre a

**Ejaculação** => através do sistema simpático, os neurônios fazem sinapse com os músculos da uretra que se contraem e liberam o sêmen para o exterior da uretra. A ejaculação corresponde ao momento do orgasmo masculino.

### **Sistema Digestório**

**Principais componentes:** boca (língua, dentes, etc.), faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, reto e ânus. Possui glândulas anexas: glândulas salivares, fígado e pâncreas.

**Principais funções:** realiza a digestão: quebra de alimentos, absorção dos componentes nutritivos e eliminação de substâncias indesejáveis).

O sistema digestivo é constituído pelas seguintes estruturas: **boca** (dentes), **faringe** - porção do tubo digestivo comum ao sistema respiratório -, **esôfago**, **estômago**, **intestino delgado** - dividido em duodeno, jejuno e íleo -, **intestino grosso** (cólon ascendente, transverso e descendente), **reto** e **ânus** (onde pode ser encontrado o esfíncter anal). Possui também as seguintes glândulas anexas: **glândulas salivares** (3), **fígado** (+ vesícula biliar) e **parte exócrina do pâncreas**. Cabe ressaltar aqui que o sistema digestivo é um longo tubo muscular com revestimento interno de células epiteliais, com abertura em suas extremidades sendo considerado, portanto, região externa do corpo.

As funções desempenhadas pelo sistema digestivo, com auxílio das glândulas anexas são: a mastigação dos alimentos, propulsão e mistura do conteúdo gastrointestinal, secreção dos sucos digestivos, degradação e absorção dos alimentos, a eliminação de resíduos e a reabsorção de água.

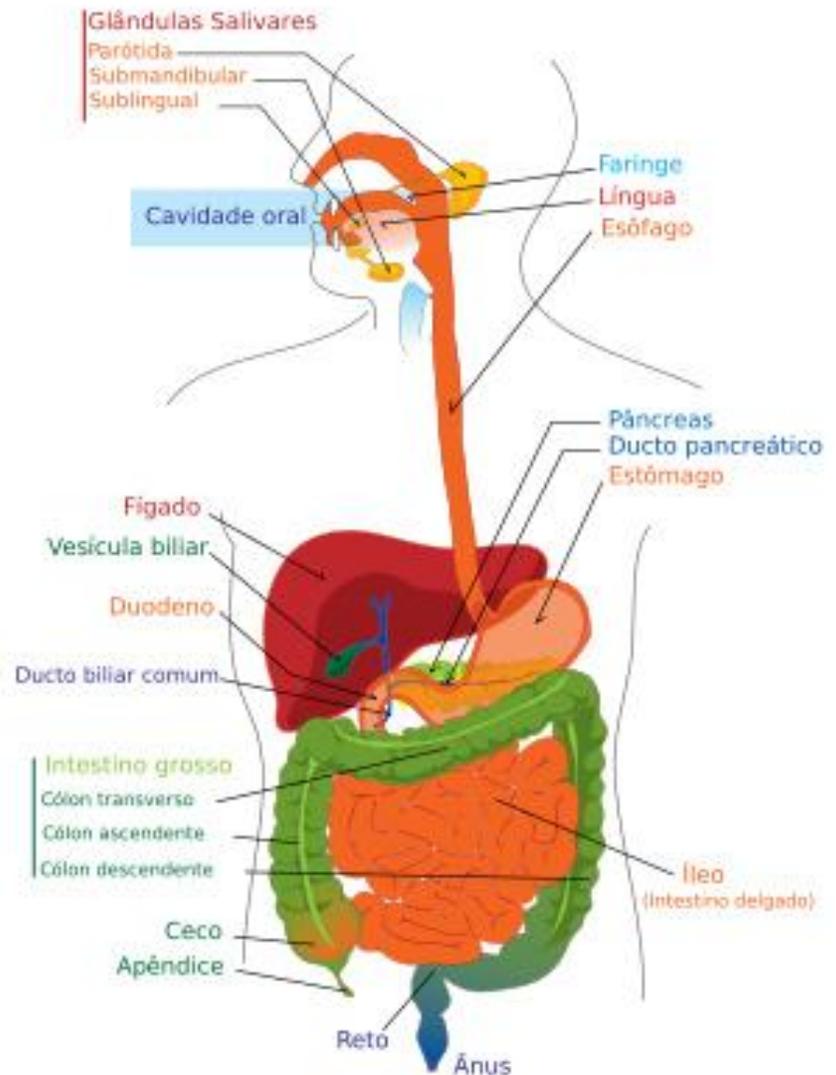
### Fisiologia da Digestão

Todos os animais são heterótrofos, precisando, assim, retirar do meio as seguintes substâncias necessárias à sua manutenção:

- . carboidratos complexos (di ou polissacarídeos, como sacarose, lactose, amido e celulose)
- . proteínas
- . gorduras
- . ácidos nucleicos: DNA e RNA
- . monossacarídeos (glicose e frutose)
- . vitaminas
- . sais minerais (de Na, K, Mg, P, Ca, Fe)
- . água

Dessas oito substâncias que precisam ser fornecidas pelo meio externo às células de um organismo, apenas as quatro últimas, pelo pequeno tamanho de suas moléculas ou íons, podem ser absorvidas diretamente pela membrana celular. As outras precisam ser "quebradas" em moléculas pequenas e geralmente solúveis em água. Este processo de transformação, que ocorre por hidrólise enzimática, é chamado **digestão**.

**Digestão** é o processo que o alimento sofre, através de hidrólise biológica, de ser reduzido a compostos de moléculas menores e solúveis na água que possam ser absorvidas e usadas pelas células vivas.



O meio oferece:	As células usam:
carboidratos complexos	monossacarídeos
proteínas	aminoácidos
gorduras	ácidos graxos e glicerol
ácidos nucleicos	fosfato, pentoses e bases orgânicas nitrogenadas
monossacarídeos	monossacarídeos
vitaminas	vitaminas
sais minerais	sais minerais
água	água

## **Boca**

Na boca, os alimentos sofrem ação dos dentes, da língua e da saliva. São triturados em pedaços menores pelos dentes (mastigação), movimentados pela ação da língua e, aos poucos, misturados com a saliva, formando o bolo alimentar. A saliva é secretada pelas glândulas salivares, e seu fluxo é intensificado pela visão, cheiro, gosto ou expectativa do alimento. É composta por uma mistura aquosa de muco (íons e moléculas de açúcar e proteínas combinadas) e uma enzima, a amilase salivar ou ptialina, que atua em pH neutro ou ligeiramente alcalino, iniciando a transformação do polissacarídeo amido no dissacarídeo maltose.

Pelo reflexo da deglutição, o alimento é comprimido pela língua contra o céu da boca e forçado a passar pela laringe ou garganta a caminho do esôfago. Como a faringe é um órgão comum a dois sistemas, o digestivo e o respiratório, através dela os alimentos passam para o esôfago e, o ar, para a laringe. Na deglutição, a abertura da laringe (glote) deve ser fechada pela epiglote, interrompendo momentaneamente os movimentos respiratórios para que os alimentos não caiam nas vias respiratórias. No esôfago se iniciam movimentos de contração dos músculos lisos da parede do tubo digestivo, chamados movimentos peristálticos. Propagando-se em ondas lentas e involuntárias, conduzem o conteúdo do tubo, ajudando a misturá-lo com os sucos digestivos.

## **Estômago**

O estômago é uma dilatação do tubo digestivo onde o alimento permanece por um certo tempo, sofrendo a ação do suco gástrico, secretado pelas glândulas da parede interna do órgão. Como esse suco é ácido, a digestão do amido é interrompida. A principal digestão no estômago é a das proteínas, quebradas em proteínas menores pela pepsina, uma enzima que atua em meio ácido pH 2,01. A pepsina é secretada sob a forma inativa de pepsinogênio, que é ativado em presença do ácido clorídrico, secretado por células especiais. Há também uma quantidade razoável de muco, que protege a parede estomacal da ação do ácido e da pepsina. Quando este mecanismo falha, partes do revestimento são auto digeridas, surgindo lesões chamadas úlceras. A secreção do suco gástrico é estimulada por mecanismos nervosos: visão, cheiro, gosto ou expectativa do alimento e, principalmente, pela ação mecânica e química do alimento sobre a parede do estômago. A ação enzimática, auxiliada pelas contrações rítmicas do estômago, transforma o alimento em uma pasta chamada quimo (quimificação), que é lançada na primeira porção do intestino delgado, o duodeno.

## **Intestino delgado**

A primeira porção do intestino delgado, o duodeno, é o principal local da digestão, e onde atuam os sucos provenientes do fígado, pâncreas e da parede do próprio intestino, chamados, respectivamente, bile, suco pancreático e suco entérico. O fígado produz a bile que, depois de armazenada na vesícula biliar, flui para o duodeno. A bile é uma mistura de substâncias que contém sais biliares, que emulsificam gorduras, em outras palavras, que atuam como sabão, pois diminuem a tensão superficial das gorduras, transformando-as em inúmeras gotículas, cuja superfície total aumentada favorece a ação das lipases. A bile não contém enzimas; portanto não tem efeito químico - mas físico - sobre as gorduras. Após o suco pancreático neutralizar a acidez do alimento que chega ao estômago, pela ação do bicarbonato de sódio, a bile alcaliniza o meio intestinal (pH básico), favorecendo a ação das enzimas dos sucos pancreático e entérico. Células secretoras da parede do intestino delgado produzem muco e diversas enzimas que compõem o suco entérico, cuja função é completar a digestão iniciada pelas outras secreções.

O homem e a maioria dos animais não digerem celulose cujas fibras, abundantes nas verduras que comemos, são importantes para o funcionamento regular do intestino, pois aumentam o volume das fezes, estimulando a defecação.

## **Absorção e eliminação de resíduos**

Como resultado das atividades no intestino delgado, o alimento converte-se em uma emulsão aquosa chamada quilo (quilificação), da qual são absorvidos para o sangue os produtos da digestão. Para aumentar a superfície de absorção dos alimentos, os mamíferos apresentam a superfície interna do intestino delgado revestida por um epitélio pregueado em forma de milhões de pequenos "dedos de luva", as vilosidades. Cada vilosidade contém vasos capilares e um vaso linfático. A glicose, os aminoácidos, o glicerol, as vitaminas e os sais minerais penetram nas vilosidades e passam para os capilares sanguíneos. Os ácidos graxos,

entretanto, são absorvidos pelos vasos linfáticos. Os resíduos passam para o intestino grosso, onde, pela ação de bactérias e absorção de água e sais minerais, transformam-se nas fezes, que são eliminadas pelo ânus.

### Controle das glândulas digestivas

A atividade das glândulas salivares têm controle nervoso. A secreção salivar pode ser iniciada por uma ação nervosa reflexa, quando o alimento é colocado na boca; ou pela simples expectativa, odor ou visão do alimento. A secreção do suco gástrico é induzida por via nervosa e por meio de hormônios. Células da parede do próprio estômago produzem a gastrina, que circula no sangue e estimula a secreção do suco gástrico durante a digestão. O alimento semi digerido e acidificado, que passa para o duodeno, estimulará células de sua parede a produzirem o hormônio enterogastrona, que, lançado na corrente sanguínea, terá um efeito inibidor sobre a produção da gastrina, cessando a atividade estomacal. Em seguida, outros hormônios são produzidos por conjuntos de células da parede duodenal: em primeiro lugar a secretina que estimula a secreção do suco pancreático, rico em  $\text{NaHCO}_3$ , para neutralizar o alimento; em seguida, a colecistoquinina que provoca a contração da vesícula biliar expulsando a bile que alcaliniza o alimento e emulsiona gorduras estimula a produção e liberação do suco pancreático rico em enzimas digestivas.

### Regulação da atividade do tubo digestivo: Sistema Nervoso Autônomo

*Parassimpático:* (é estimulado pela visão, gosto e chegado do alimento no estômago)

- aumenta a secreção das glândulas do trato gastrointestinal
- promove aumento do peristaltismo
- abertura de esfínteres (relaxamento)

*Simpático :*

- promove a constrição dos vasos sanguíneos que nutrem as glândulas, o que pode reduzir a secreção - inibição indireta de secreções enzimáticas.
- inibe os movimentos peristálticos
- promove contração (fechamento) de esfínteres

### As principais enzimas digestivas

Suco digestivo	Enzima	pH ótimo	Substrato	Produtos	Local de ação
Saliva	Ptialina	Neutro	Polissacarídeos	Maltose	Boca
Suco gástrico	Pepsina	Ácido	Proteínas	Peptídios	Estômago
Suco Pancreático	Quimotripsina Tripsina Amilopsina RNase DNase Lipase	Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino	Proteínas Proteínas Polissacarídeos RNA DNA Lipídios	Peptídios Peptídios Maltose Ribonucleotídios Desoxirribonucleotídios Glicerol e ácidos graxos	Duodeno
Suco intestinal	Carboxipeptidase Aminopeptidase Dipeptidase Maltase Saracase Lactase	Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino	Peptídios Peptídios Dipeptídios Maltose Sacarose Lactose	Aminoácidos Aminoácidos Aminoácidos Glicose Glicose e frutose Glicose e galactose	Intestino delgado

## Sistema Endócrino

**Principais componentes:** Pineal ou Epífise, Hipófise (Pituitária), Tireóide e Paratireóide (abaixo da laringe), Supra-renais (superior aos rins), Pâncreas, Ovários e Testículos.

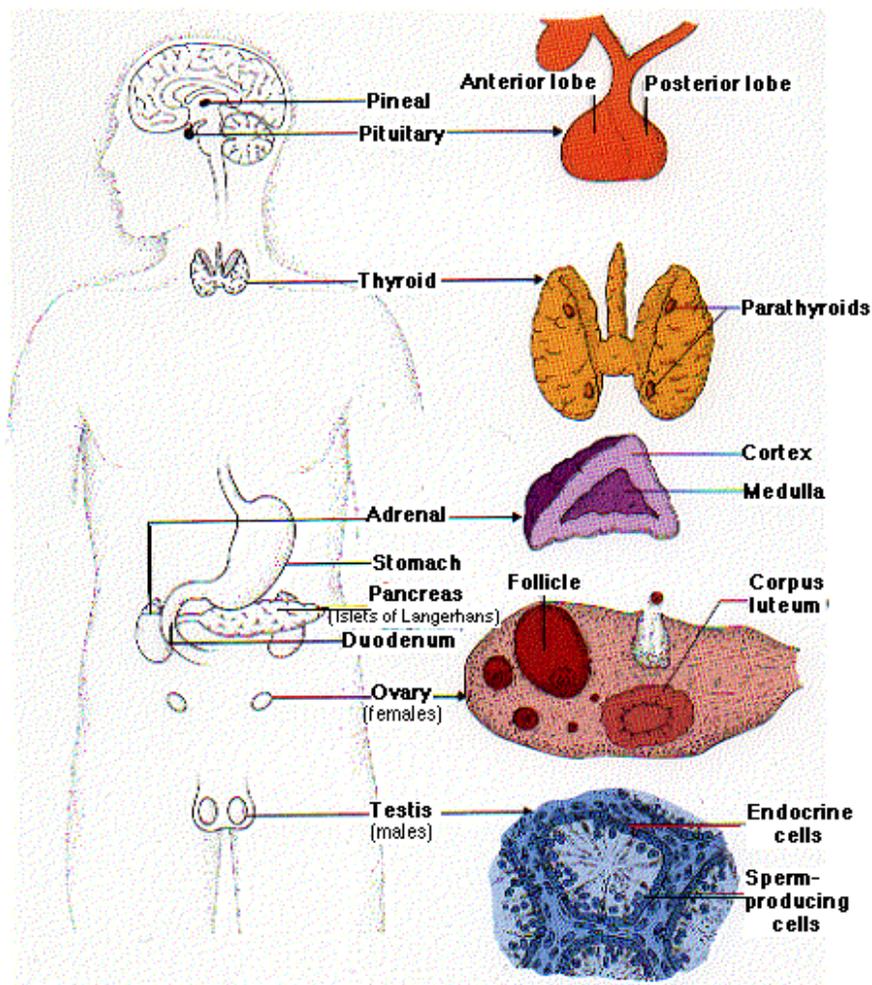
**Principais funções:** junto com o sistema nervoso, promove a manutenção do equilíbrio do organismo (homeostase), por meio do controle das funções biológicas.

As glândulas endócrinas (sistema endócrino) e o sistema nervoso são os dois maiores sistemas de comunicação e de coordenação do corpo humano. O hipotálamo (estrutura do sistema nervoso central SNC) constitui-se no centro de integração neuroendócrina na medida em que recebe informações neurais provenientes de receptores sensoriais e informações químicas provenientes de substâncias circulantes, principalmente hormônios; e, de posse dessas informações sobre o organismo, o hipotálamo ativa o sistema nervoso autônomo e o sistema endócrino, e emite por meio deles comandos neurais e químicos para os diversos órgãos e tecidos realizarem os ajustes fisiológicos necessários.

Hormônios são substâncias químicas que transferem informações e instruções entre as células, em animais e plantas. Também chamados de "mensageiros químicos do corpo", os hormônios regulam o crescimento, o desenvolvimento, controlam as funções de muitos tecidos, auxiliam as funções reprodutivas, e regulam o metabolismo (o processo usado pelo organismo para produzir energia a partir dos alimentos). Diferentemente das informações

enviadas pelo sistema nervoso, que são transmitidas via impulsos elétricos, se deslocam rapidamente, têm um efeito quase imediato e de curto prazo, os hormônios são mais vagarosos e seus efeitos mantêm-se por um período mais longo de tempo.

Os hormônios são produzidos por glândulas ou tecidos especializados, que os segregam conforme as necessidades do organismo. A maioria dos hormônios é produzida pelas glândulas do sistema endócrino, como a hipófise, a tireóide, as supra-renais, além dos ovários e testículos. Essas glândulas endócrinas produzem e segregam os hormônios diretamente na corrente sanguínea. Porém, nem todos os hormônios são produzidos pelas glândulas endócrinas. As mucosas do intestino delgado produzem hormônios que estimulam a secreção de sucos digestivos do pâncreas. Outros hormônios são também produzidos pela placenta, um órgão formado durante a gravidez, com a finalidade de regular alguns aspectos do desenvolvimento do feto. Os hormônios trafegam pelo sangue até atingirem seus tecidos-alvo, onde eles ativam uma série de alterações químicas. Para atingir um pretendido resultado, um hormônio precisa ser reconhecido por uma proteína especializada nas células do tecido-alvo, chamada de "receptor". A interação hormônio-receptor gera respostas celulares específicas que vão controlar ou ajudar no controle de alguma função do organismo.



O controle do **hipotálamo (SNC)** sobre o sistema endócrino se dá por meio do controle da secreção hipofisária. Dependendo das necessidades momentâneas, o hipotálamo inibirá ou estimulará a secreção dos hormônios hipofisários, através de sinais hormonais ou neurais (eixo hipotálamo-hipofisário). Vejamos como se dá tal controle.

Grandes neurônios dos núcleos supra-óptico e paraventricular do hipotálamo se estendem até hipófise formando assim, o feixe ou eixo hipotálamo-hipofisário. A Hipófise é formada por duas glândulas distintas: neurohipófise (hipófise posterior) e adenohipófise (ou hipófise anterior).

Nos núcleos hipotalâmicos ocorre a síntese dos hormônios que serão secretados pela neurohipófise e dos hormônios liberadores/inibidores dos h. da adenohipófise. A partir desses núcleos, longos axônios se estendem até a neurohipófise enquanto outros, mais curtos, se estendem até eminência mediana (haste do infundíbulo que conecta o hipotálamo com a hipófise) (ver mais adiante).

A **neurohipófise** (ou hipófise posterior) é formada por tecido glandular de origem neural; não possui corpos celulares, mas sim axônios originados nos núcleos supra-óptico e paraventricular do Hipotálamo. Os hormônios produzidos em tais núcleos, o ADH (ou arginina-vasopressina ou vasopressina) e a ocitocina, respectivamente, são transportados através dos axônios hipotalâmicos que terminam na neurohipófise, onde ficam armazenados. Impulsos nervosos originados nos respectivos núcleos hipotalâmicos provocam a liberação dos hormônios armazenados que entram na circulação pela rede capilar da neurohipófise. O *hormônio antidiurético (ADH)* estimula os rins a reabsorverem água, enquanto a *ocitocina* estimula a contração da musculatura uterina (miotétrico) no trabalho de parto, também estimula as mamas a liberarem o leite durante a amamentação.

Como citado anteriormente, o hipotálamo libera hormônios hipotalâmicos (h. de liberação ou h. inibidores de liberação) no plexo capilar (primário) da eminência mediana; esses hormônios levados pelas veias porta ao 2o. plexo capilar localizado no parênquima da adenohipófise. Em contato com a adenohipófise, os hormônios Hipotalâmicos regulam a secreção hormonal da adenohipófise.

Hormônios hipotalâmicos que atuam sobre a adenohipófise:

(1) Hormônio de liberação da tireotropina (TRH): estimula a secreção de TSH e de prolactina; (2) Hormônio de liberação da corticotropina (CRH): produz a liberação do ACTH; (3) Hormônio de liberação do hormônio do crescimento (GHRH): causa a liberação do hormônio do crescimento (GH); (4) Hormônio inibitório do hormônio do crescimento (GHIH ou somatostatina): inibe a liberação do hormônio do crescimento; (5) Hormônio de liberação das gonadotropinas (GnRH): induz a liberação do LH e FSH e (6) Dopamina ou fator inibitório da prolactina (PIF): inibe a liberação da prolactina.

**Hormônios da Adenohipófise:** (1) O hormônio do crescimento (GH) (hormônio somatotrópico) afeta o metabolismo dos carboidratos, das proteínas e das gorduras. O GH estimula o crescimento e mantém os níveis de glicose no sangue durante os períodos de jejum. (2) A prolactina (hormônio lactogênico) promove o desenvolvimento das mamas e a secreção de leite. (3) A tireotropina (hormônio tireoestimulante ou TSH) estimula a glândula tireóide. (4) O hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) estimula o córtex da supra-renal e (5) Os hormônios gonadotrópicos, o hormônio folículo estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH) estimulam as gônadas (ovários e testículos).

**Tireóide:** as células foliculares da tireóide, estimuladas pelo TSH, sintetizam e secretam triiodotironina ( $T_3$ ) e tetraiodotironina (tiroxina,  $T_4$ ); tais hormônios regulam o padrão metabólico. Já as células parafoliculares dessa glândula, secretam calcitonina, hormônio que estimula a atividade osteoblástica e diminui o cálcio sanguíneo.

**Paratireóides:** secretam o paratormônio (PTH). O PTH estimula os ossos, os rins e os intestinos a aumentar os níveis de cálcio sanguíneo.

**Supra-renais:** A medula da supra-renal secreta as catecolaminas epinefrina e norepinefrina. As catecolaminas mimetizam os efeitos do sistema nervoso autônomo simpático e afetam principalmente o coração e os vasos sanguíneos (aceleração dos batimentos cardíacos, aumento da pressão arterial, da concentração de açúcar no sangue e pela ativação do metabolismo geral do corpo). O córtex do supra-renal secreta os esteróides: glicocorticóides (cortisol: disponibiliza glicose, aminoácidos e lipídios no sangue),

mineralocorticóides (aldosterona: estimula a reabsorção de Na e excreção de K pelos rins, diminui a eliminação de água, portanto aumenta o volume sanguíneo) e hormônios sexuais (estrogênio e testosterona: desenvolvimento de características sexuais).

**Pâncreas (endócrino):** as células beta das ilhotas pancreáticas secretam *insulina*, hormônio que promove a diminuição da glicose sanguínea. Já as células alfa das ilhotas pancreáticas secretam glucagon, hormônio que promove a elevação dos níveis de glicose do sangue

**Gônadas:** Os ovários são estimulados pelas gonadotropinas FSH e LH que promovem a ovulação e a secreção de estrógenos e progesterona. Os estrógenos estimulam as características sexuais secundárias nas mulheres e, junto com a progesterona, eles preparam e mantêm o útero nas condições ideais para a implantação e desenvolvimento do embrião.<sup>1</sup> Nos homens, o LH promove a secreção de testosterona pelas células intersticiais dos testículos, enquanto o FSH promove a espermatogênese (formação dos espermatozoides) estimulando as células espermatogênicas dos testículos a responderem à testosterona, ou seja, a ação combinada do FSH e testosterona promove a espermatogênese. Além disso, a testosterona determina as características sexuais secundárias masculinas.

**Pineal (ou epífise):** é o "relógio biológico" do corpo; secreta melatonina que exerce uma função importante no ciclo sono/vigília – níveis aumentados de melatonina induzem o sono.

---

<sup>1</sup> Nos primeiros oito a onze dias do ciclo menstrual, o ovário da mulher produz muito estrogênio. O estrogênio prepara os folículos para a liberação de um dos óvulos. O estrogênio é responsável pela proliferação de mudanças que ocorrem durante a puberdade: o crescimento dos seios, o desenvolvimento do sistema reprodutivo e a forma feminina do corpo da mulher. A taxa de secreção de estrogênio começa a diminuir ao redor do 13º dia, um dia antes de ocorrer a ovulação. À medida que o estrogênio diminui, a progesterona começa a aumentar, estimulando um crescimento muito rápido do folículo. Com o início da secreção da progesterona, ocorre também a ovulação. Depois que o óvulo é liberado do folículo, este começa a mudar, aumentando de tamanho e tornando-se um órgão diferente, conhecido como corpus luteum. A progesterona é segregada pelo corpus luteum, este minúsculo órgão com uma enorme capacidade para produzir hormônio. A onda de progesterona no período da ovulação é a fonte da libido – e não o estrogênio, como normalmente se pensa. Após 10 ou 12 dias, se não ocorrer fertilização, a produção ovariana de progesterona cai drasticamente. A progesterona e o estrogênio originados nos ovários estimulam o crescimento do endométrio (tecido que reveste o útero), como preparação para a fertilização. O estrogênio age no crescimento do tecido endométrio, enquanto a progesterona facilita a secreção nesse tecido que reveste o útero, a fim de que o óvulo fertilizado (ovo) possa ser implantado com sucesso.

## Sistema Nervoso

**Principais componentes:** Sistema Nervoso Central (encéfalo e medula) e Sistema Nervoso Periférico.

**Principais funções:** ajustamento do organismo ao ambiente. Sua função é perceber e identificar as condições ambientais externas, bem como as condições reinantes dentro do próprio corpo e elaborar respostas que adaptem a essas condições. Função Sensorial, Integrativa e Motora.

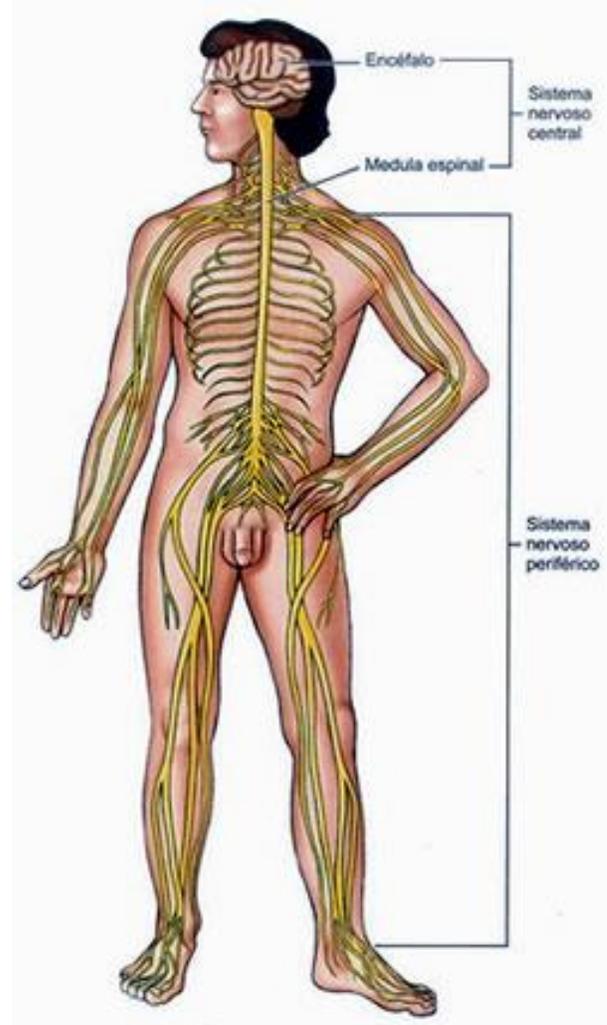
A sobrevivência dos animais depende da sua capacidade de responder a desafios (de outros animais e do ambiente). Os animais podem produzir tais respostas somente quando a informação é analisada, organizada e transmitida rapidamente pelo corpo. Assim, como coordenador da atividade dos organismos, o sistema nervoso realiza três funções gerais: sensitiva, integradora e motora. Função Sensitiva: Os nervos sensitivos captam informações do meio interno do corpo e do meio externo, e as conduzem ao SNC. Função Integradora: A informação sensitiva trazida ao SNC é processada ou interpretada. Função Motora: Os nervos motores conduzem a informação do SNC em direção aos músculos e às glândulas do corpo, levando os planos feitos pelo SNC. Dessa maneira, os músculos e/ou glândulas convertem o plano em ação. Assim, o SN tem uma função decisiva que nos permite interagir com os meios interno e externo ao nosso organismo. A informação é constantemente trazida ao SNC para ser avaliada. O SNC, especialmente o encéfalo, recebe, interpreta e toma decisões sobre essa informação. Finalmente, o encéfalo comanda o corpo em uma resposta ou atuação.

### Unidades Básicas do Sistema Nervoso

O SN é formado por 2 tipos celulares básicos: neurônios e células gliais. As células gliais amontoadas ao redor e entre os neurônios têm finalidade de prover sustentação para os neurônios. O neurônio é a unidade básica funcional do SN e suas propriedades e a forma como se organizam são, o que em última instância, possibilitam o SN realizar suas funções. Assim, os neurônios precisam continuamente coletar informações sobre o estado interno do organismo e de seu ambiente externo, avaliar essas informações e coordenar atividades apropriadas à situação e às necessidades atuais da pessoa.

### Neurônios

Embora os neurônios variem enormemente de forma e tamanho, cada neurônio tem tipicamente um soma ou corpo celular, que é responsável pela manutenção metabólica da célula e de onde se originam vários prolongamentos finos. Existem 2 tipos principais de prolongamentos: 1 Dendritos e 2 Axônios (A maioria dos neurônios possui múltiplos dendritos e um único axônio). (1) Dendritos: Geralmente ramificados, projetam-se do corpo celular e servem como superfície receptora que traz os sinais de outros neurônios para o corpo celular. Os neurônios com uma árvore dendrítica extensa e complexa recebem comumente muitos impulsos aferentes. (2) Axônios: Prolongamentos especializados que conduzem os sinais do corpo celular. Os axônios de algumas células nervosas podem estender-se a distâncias surpreendentemente longas. No seu término, cada axônio pode dividir-se em numerosos ramos, permitindo que seus sinais sejam enviados simultaneamente para muitos outros neurônios, para glândulas ou



para fibras musculares. Assim, os sinais são transmitidos de uma célula para outra ao longo dos axônios, e destes para os dendritos da célula seguinte, aos quais se ligam através de uma junção chamada de sinapse.

Funcionalmente os neurônios são classificados em 3 tipos: (1) Neurônios sensoriais – tem a capacidade de transformarem<sup>2</sup> certos aspectos da energia física e química que os circunda (existentes no organismo (ex: nível de oxigênio sanguíneo; posição de uma articulação; orientação da cabeça) e no ambiente (ex: som, luz, pressão, sinais químicos) em sinais elétricos ou impulsos nervosos. Os axônios desses neurônios formam os nervos sensitivos que conduzem as informações do meio interno do corpo e do meio externo ao SNC. (2) Interneurônios – conectam outros neurônios dentro do SNC. (3) Neurônios motores – conduzem sinais do SNC aos órgãos efetores, causando contração de músculos ou secreção de células glandulares.

Toda e qualquer informação somente pode ser transmitida, processada, interpretada ou avaliada após sua codificação em impulsos nervosos. Um impulso nervoso é a transmissão de um sinal codificado de um estímulo dado ao longo da membrana do neurônio, a partir de seu ponto de aplicação. A origem desse ponto de aplicação pode ser tanto um neurônio sensorial ou um neurônio do SNC enviando uma “ordem” em direção aos músculos ou às glândulas do corpo. Os impulsos nervosos podem passar de uma célula a outra, criando assim uma cadeia de informação dentro de uma rede de neurônios. Dois tipos de fenômenos estão envolvidos no processamento do impulso nervoso: os elétricos e os químicos. Os eventos elétricos propagam o sinal dentro de um neurônio, e os eventos químicos transmitem o sinal de neurônio a outro ou para uma célula muscular. O processo químico de interação entre os neurônios e entre os neurônios e células efetoras acontecem na terminação do neurônio, em uma estrutura chamada sinapse. Aproximando-se do dendrito de outra célula (mas sem continuidade material entre ambas as células), o axônio libera substâncias químicas chamadas neurotransmissores, que ligam-se aos receptores químicos do neurônio seguinte e promove mudanças excitatórias ou inibitórias em sua membrana.

### ***Impulso nervoso.***

O impulso nervoso ou potencial de ação ocorre em razão de alterações no neurônio. O estado de repouso<sup>3</sup> (chamado potencial de repouso ou de membrana) é caracterizado por (1) diferença de potencial entre a face interna (negativo) e a face externa da membrana celular (positivo); (2) maior concentração de K<sup>+</sup> no interior da célula em relação ao exterior; (3) maior concentração de Na<sup>+</sup> no exterior da célula em relação ao interior. São alterações nesses condições de repouso que permitem a ocorrência do impulso nervoso ou potencial de ação e sua transmissão ao longo do neurônio. O potencial de ação ocorre em duas fases: despolarização (alteração rápida do potencial de repouso) e repolarização (restauração do potencial de repouso). Na despolarização ocorre a inversão do potencial de repouso (interior = + e exterior = -); isso se deve a abertura dos canais de Na<sup>+</sup> voltagem-dependentes e pausa no funcionamento da bomba de Na/K e conseqüentemente a entrada rápida de sódio (cargas positivas). Na repolarização ocorre o retorno ao potencial de repouso (interior = - e exterior = +); isso se deve ao fechamento dos canais de Na<sup>+</sup>, a abertura dos canais de K<sup>+</sup> e conseqüentemente a saída de K<sup>+</sup> para o exterior da célula (saída de cargas positivas), volta do funcionamento da bomba Na/K. As despolarizações e repolarizações dos neurônios não ocorrem independentemente e possuem um ritmo determinado pelo estímulo recebido. Um impulso nervoso é propagado quando o potencial graduado, que nada mais é do que a despolarização gradual ao longo do neurônio, atingir o limiar de disparo (ou limiar de excitação) desencadeando um potencial de ação.

Assim, o potencial de ação é a despolarização e a repolarização sucessiva de trechos do axônio, fazendo com que o estímulo se propague ao longo do neurônio: a despolarização/repolarização de uma porção anterior do neurônio vai causar a despolarização/repolarização da porção seguinte até chegar na porção terminal do neurônio -no botão sináptico. O impulso nervoso percorre ao longo do axônio miélnico por condução saltatória. A bainha de mielina aumenta a velocidade do impulso nervoso

---

<sup>2</sup> Transdução de sinal: Habilidade das células de receber e reagir a sinais vindos do outro lado da membrana. Estes sinais são detectados por um receptor específico e convertidos em uma resposta celular; conversão de uma forma de sinal físico ou químico em outra.

<sup>3</sup> A bomba de Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> contribui para o potencial de membrana pelo bombeamento de 3 Na<sup>+</sup> para fora e 2 K<sup>+</sup> para dentro. É um mecanismo gerador de diferença de potencial elétrico entre exterior e interior, pois transfere 3 cargas positivas para fora e apenas duas para dentro.

quando ele percorre o axônio. No botão sináptico, a despolarização da membrana vai promover a abertura dos canais de  $Ca^{++}$ . O  $Ca^{++}$  entra na célula e vai promover a liberação dos neurotransmissores que estão armazenados nas vesículas. Esse neurotransmissor vai estimular (ou não) o próximo neurônio ao se ligar ao neurorreceptor da membrana pós-sináptica produzindo uma despolarização ou hiperpolarização.

### **Neurotransmissores**

Neurotransmissores são substâncias químicas responsáveis pela passagem ou não do estímulo (ou potencial de ação) de um neurônio para outro. Eles estão acondicionados em pequenas vesículas localizadas nos botões sinápticos dos neurônios pré-sinápticos e liberados da forma já descrita acima.

Existem dois tipos de neurotransmissores: excitatórios e inibitórios. (1) Excitatórios: substância que faz com que, no neurônio pós-sináptico, o  $Na^+$  entre causando a despolarização da membrana pós-sináptica promovendo a transmissão dos sinais, ou seja, do potencial de ação. Alguns exemplos de neurotransmissores excitatórios são: acetilcolina, ácido glutâmico, epinefrina (ou adrenalina), norepinefrina (ou noradrenalina), substância P, encefalina, endorfina. (2) Inibitórios: substância que provoca, na membrana pós sináptica, ou a entrada de  $Cl^-$  (pela abertura dos canais) ou a saída de  $K^+$  (pelo aumento da permeabilidade ao  $K^+$ ) causando a hiperpolarização, e, conseqüentemente, a não transmissão dos sinais. Assim, os neurotransmissores excitadores causam, mudanças tais no neurônio seguinte que darão origem a sinais a serem produzidos e passados ao longo do axônio (ou seja, eles causam a despolarização do neurônio aos quais se ligam). Os neurotransmissores inibidores tem a função de evitar que um sinal seja produzido em outro neurônio, ou seja, eles produzem uma hiperpolarização dos neurônios aos quais se ligam.

Portanto, os neurotransmissores possibilitam que os impulsos nervosos de uma célula influenciem os impulsos nervosos de outro, permitindo assim que as células do cérebro comuniquem-se entre si. Ou seja, que as informações codificadas em sinais físicos e químicos sejam transmitidas e processadas pelo SN.

Embora consideremos os eventos em neurônios isolados quando examinamos a transmissão da informação pelos PA, o comportamento nunca é produzido pela atividade de um único neurônio. Mesmo em animais muito simples o comportamento depende da atividade de muitos neurônios trabalhando juntos. Milhares de neurônios estão em contato com os outros através de sinapse, e muitos estarão produzindo sinais excitadores ou inibidores, o neurônio não produzirá nenhum sinal a menos que receba mais mensagens excitadoras ("liga") do que inibidoras ("desliga"). Assim, os neurônios podem transmitir apenas a mais simples das informações - "liga" ou "desliga". Toda a nossa atividade mental está baseada nesse simples sinal de "liga-desliga"; mas, quando há o envolvimento de neurônios suficientes, informações muito complicadas podem ser manejadas em um código parecido com as linguagens usadas em computadores.

### **Divisões do Sistema Nervoso:**

1. O *sistema nervoso central (SNC)* inclui o encéfalo e a medula espinal.
2. O *sistema nervoso periférico (SNP)* inclui os nervos que conectam o SNC com o resto do corpo. O SNP carrega informações dos órgãos sensoriais para o sistema nervoso central e do sistema nervoso central para os órgãos efetores (músculos e glândulas). Com base na sua estrutura e função, o SNP pode ainda subdividir-se em duas partes: o *sistema nervoso somático ou voluntário (SNS)* e o *sistema nervoso autônomo ou de vida vegetativa (SNA)*.

### **Sistema Nervoso Periférico (SNP)**

O sistema nervoso periférico consiste de nervos e gânglios localizados externamente ao sistema nervoso central. Os nervos são sensitivos, motores e mistos. Os nervos mistos possuem neurônios sensitivos e motores. O sistema nervoso periférico pode ser classificado estruturalmente e funcionalmente, sendo que a classificação estrutural reúne os nervos em 12 pares de nervos cranianos e 31 pares de nervos espinais. Cada nervo supre uma área específica do corpo. A classificação funcional explica para onde os nervos vão e o que eles fazem. Essa classificação inclui: (1) os nervos somáticos aferentes, que trazem informação sensitiva proveniente das diferentes partes do corpo, particularmente da pele e dos músculos, para o SNC; (2) os nervos somáticos eferentes, que trazem

informação motora do SNC para os músculos esqueléticos do corpo e (3) A divisão autônoma do sistema nervoso (sistema nervoso autônomo - SNA) é composta de nervos que suprem os órgãos (vísceras) e glândulas e está dividido nas partes simpática e parassimpática.

#### *Sistema Nervoso Somático Ou Voluntário (SNS)*

As ações voluntárias resultam da contração de músculos estriados esqueléticos, que estão sob o controle do SNS ou voluntário. O SNS tem por função reagir a estímulos provenientes do ambiente externo. Ele é constituído por fibras motoras que conduzem impulsos do sistema nervoso central aos músculos esqueléticos. O corpo celular de uma fibra motora do SNS fica localizado dentro do SNC e o axônio vai diretamente do encéfalo ou da medula até o órgão que inerva.

#### *Sistema Nervoso Autônomo Ou De Vida Vegetativa (SNA)*

As ações involuntárias resultam da contração das musculaturas lisa e cardíaca, controladas pelo SNA, também chamado involuntário ou visceral. O SNA funciona independentemente de nossa vontade e tem por função regular o ambiente interno do corpo, controlando a atividade dos sistemas digestório, cardiovascular, excretor e endócrino. Ele contém fibras nervosas que conduzem impulsos do sistema nervoso central aos músculos lisos das vísceras e à musculatura do coração. Os efetores autonômicos são glândulas (exócrinas ou endócrinas), músculos lisos (viscerais ou vasculares) ou o miocárdio. Assim, o SNA determina, inconsciente e automaticamente, a atividade motora das glândulas, da musculatura lisa das vísceras ocas e do coração.

As vias motoras do SNA<sup>4</sup> utilizam dois neurônios, com um gânglio entre eles. O corpo celular do neurônio #1 está localizado no SNC, no encéfalo ou na medula espinal. O axônio do neurônio #1, que é chamado de fibra *pré-ganglionar*, deixa o SNC e se estende até o gânglio (o corpo celular do neurônio #2). O axônio do neurônio #2, a fibra *pós-ganglionar*, deixa o gânglio e se dirige ao órgão. Os gânglios simpáticos formam uma cadeia que corre lateral e paralelamente à coluna vertebral (gânglios paravertebrais), assim, o axônio simpático pré-ganglionar é curto e o pós-ganglionar é longo. No SN parassimpático, ao contrário, as fibras pré-ganglionares são longas porque os gânglios parassimpáticos estão situados longe da medula espinal e próximo ou no interior das vísceras<sup>5</sup>.

Tanto nos gânglios do SN simpático como nos do parassimpático, ocorrem sinapses químicas entre os neurônios pré-ganglionares e pós-ganglionares. Nos dois casos, a substância neurotransmissora é a acetilcolina. Já as fibras pós-ganglionares das partes simpática e parassimpática secretam diferentes neurotransmissores que determinam efeitos diferentes dos nervos simpático e parassimpático sobre as vísceras. O neurotransmissor secretado pelos neurônios pós-ganglionares do sistema nervoso parassimpático é a acetilcolina, razão pela qual esses neurônios são chamados colinérgicos. Os neurônios pós-ganglionares do sistema nervoso simpático secretam principalmente noradrenalina, razão por que a maioria deles é chamada neurônios adrenérgicos. A acetilcolina e a noradrenalina têm a capacidade de excitar alguns órgãos e inibir outros, de maneira antagonista. Um único órgão geralmente recebe fibras das duas divisões do SNA. Na maioria dos casos, o estímulo de uma divisão causa um efeito específico, enquanto o estímulo da outra divisão causa um efeito oposto<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> Um nervo motor do SNA difere de um nervo motor do SNS pelo fato de conter dois tipos de neurônios, um neurônio pré-ganglionar e outro pós-ganglionar.

<sup>5</sup> Divisões da Parte Simpática. As fibras da parte simpática saem da medula espinal nas regiões torácica e lombar. Por isso, a parte simpática é denominada parte toracolombar do sistema nervoso autônomo. As fibras simpáticas percorrem uma curta distância, e então trocam sinapse no interior dos gânglios localizados próximo à medula. Os gânglios simpáticos formam uma cadeia que corre lateral e paralelamente à coluna vertebral. Essa cadeia constitui os gânglios paravertebrais ou gânglios da cadeia simpática.

Divisões da Parte Parassimpática. As fibras dos nervos parassimpáticos saem do SNC a partir do tronco encefálico e da parte sacral da medula espinal. A parte parassimpática é, então, denominada parte craniosacral. As fibras pré-ganglionares são longas porque os gânglios da parte parassimpática estão situados longe da medula espinal e próximo ou no interior das vísceras. Os nervos parassimpáticos não têm uma cadeia de gânglios dispostos ao longo da coluna vertebral porque os gânglios estão muito próximos às vísceras.

<sup>6</sup> Por exemplo, as células do coração que determinam o ritmo cardíaco recebem fibras simpáticas e parassimpáticas. A estimulação das fibras simpáticas determina o aumento do ritmo cardíaco, enquanto a das fibras parassimpáticas causa a diminuição do ritmo cardíaco.

Em geral, a parte simpática é ativada durante os períodos de estresse<sup>7</sup>, ou períodos em que a pessoa se sente de alguma forma ameaçada. Por essa razão, a parte simpática também é conhecida como o sistema de lutar ou fugir. Em outras palavras, a parte simpática o prepara para enfrentar (lutar) ou correr de uma situação ameaçadora (fugir). Assim, o *SNP autônomo simpático*, de modo geral, estimula ações que mobilizam energia, permitindo ao organismo responder a situações de estresse. O simpático é tido como de caráter "-ativador", isto é, preparo e manutenção de uma atividade física. Para que isso ocorra é necessário que o músculo em atividade receba maior fluxo de sangue, não só contendo mais nutrientes e oxigênio, mas capaz de receber maior teor de produtos finais do metabolismo muscular. Isto requer redistribuição do sangue, ativação da respiração e da filtração renal. A este padrão circulatório-respiratório-renal foi dado o nome de reação ergotrópica. Nesta reação destacam-se os seguintes aspectos da ação simpática:

- 1) aumento da frequência cardíaca e respiratória;
- 2) artério-constricção, aumentando a pressão arterial;
- 3) diminuição da resistência periférica em especial nos territórios musculares;
- 4) veno-constricção, com redução do volume do leito venoso e aumento do retomo venoso;
- 5) aumento da ventilação alveolar;
- 6) glicogenólise e lipólise hepática. Aumento da concentração de açúcar no sangue e pela ativação do metabolismo geral do corpo.

Já o *SNP autônomo parassimpático* estimula principalmente atividades relaxantes, como as reduções do ritmo cardíaco e da pressão arterial, entre outras. O parassimpático é associado ao repouso e recuperação. A atividade física tende a depletar as reservas endógenas de nutrientes que deverão ser repostas. Uma vez obtido o alimento, o animal deve desenvolver reação oposta a ergotrópica, chamada de reação trofotrópica. Nessa reação há aumento das funções digestivas e redução das relacionadas a atividade física. Assim, a ação parassimpática promove aumento da salivação, da secreção gástrica e de insulina, e elevada biossíntese de enzimas pancreáticas. O fluxo sanguíneo intestinal também aumenta. Nesse quadro ainda há a redução da frequência cardíaca, da pressão arterial e da respiração. A parte parassimpática é mais ativa durante condições calmas, não estressantes. Tal sistema exerce um papel importante na regulação do sistema digestório e na função reprodutiva. Por essa razão, ela é definida, algumas vezes, como a divisão relacionada a comer e criar. Outro termo descritivo para a parte parassimpática é "descansando e digerindo".

### **Sistema Nervoso Central (SNC)**

Sistema Nervoso Central (SNC) é aquele que se localiza dentro do esqueleto axial, ou seja, da cavidade craniana e canal vertebral. O SNC é dividido com base em critérios anatômicos em **(A) encéfalo**, localizado na cavidade craniana e **(B) medula espinhal**, localizada no canal vertebral. O encéfalo é dividido em: **(1) cérebro**, que por sua vez é subdividido em *telencéfalo* e *diencefalo*; **(2) cerebelo** e **(3) tronco encefálico**, subdividido em *bulbo*, *ponte* e *mesencéfalo*.

O encéfalo este dividido em quatro regiões: cérebro, diencefalo, tronco encefálico e cerebelo. O cérebro é a maior parte do encéfalo e consiste em dois hemisférios. Os quatro lobos do cérebro são: lobo frontal (atividade motora, análise e pensamento), lobo parietal (sensitivo), lobo temporal (audição) e lobo occipital (visão). O diencefalo é composto pelo tálamo e pelo hipotálamo. O tronco encefálico é formado por mesencéfalo, ponte e bulbo. O bulbo é considerado uma estrutura vital, uma vez que está relacionado a funções básicas como respiração, função cardíaca e tônus dos vasos sanguíneos. Duas outras áreas são a formação reticular, que nos faz acordar, e o sistema límbico, ou cérebro emocional. Em razão do importante papel desempenhado pelo SNC, ele dispõe de excelente proteção: um osso resistente, três camadas de meninges, um amortecedor líquido macio e uma barreira hematoencefálica.

#### **(A) Encéfalo**

---

<sup>7</sup> A parte simpática é ativada durante os períodos de estresse, que são, normalmente, de curta existência. Todavia, se você se sente estressado, a parte simpática mantém o seu organismo em um estado de alerta elevado; permanecer nesse estado por um longo período, faz com que o organismo adoça. Dar risada, jogar, descansar e relaxar diminuem a ação simpática, e diminuem os efeitos do estresse.

## (1) Cérebro

*Telencéfalo:* Os hemisférios direito e esquerdo estão ligados pelo corpo caloso. As camadas externas são cinza e as internas são brancas. A substância cinzenta está arranjada em giros (circunvoluções); os giros estão separados por sulcos ou fissuras. Os quatro principais lobos cerebrais são: frontal, parietal, temporal e occipital.

Grandes áreas do cérebro, as áreas de associação, estão relacionadas à interpretação e à análise da informação. Massas de substância cinzenta (núcleos) estão dispersas por todo o cérebro e outras partes do encéfalo. Há duas colunas bastante diferentes nos hemisférios que constituem o cérebro. Na parte externa há uma camada fina chamada córtex, ou massa cinzenta, que cobre completamente o cérebro. O resto do cérebro é formado pela massa branca - tecido macio que compõe a maior parte do cérebro. Minúsculas células nervosas estão amontoadas muito juntas na fina camada do córtex ou massa cinzenta. As fibras nervosas que carregam as mensagens para dentro do cérebro são encontradas na massa branca. O cérebro é responsável por nossa inteligência e pela maioria de nossas habilidades. Aqui as informações recebidas dos órgãos sensoriais são analisadas e processadas. E esta atividade que torna o cérebro humano muito mais eficiente do que o de qualquer animal.

*Diencefalo:* Formado pelo tálamo e hipotálamo. O tálamo processa a informação da maioria dos tratos sensitivos que vão ao cérebro. O hipotálamo controla várias funções corporais como equilíbrio hídrico, temperatura e secreção de hormônios da glândula hipófise; ele exerce um efeito sobre o sistema nervoso autônomo.

## (2) Cerebelo

O cerebelo está relacionado principalmente com a coordenação da atividade muscular voluntária. Os sinais processados pelo cerebelo são instruções para movimentos musculares, vindos do cérebro. Os sinais provenientes do córtex são ajustados no cerebelo, para sermos capazes de fazer movimentos precisos ou delicados.

## (3) Tronco Encefálico

Controla a maior parte das funções importantes do corpo, e é o sistema de sustentação da vida. O tronco encefálico é formado por mesencéfalo, ponte e bulbo. O bulbo é chamado de centro vital pois controla o ritmo cardíaco, a pressão sanguínea e a respiração (funções vitais). Mas a função mais importante do tronco cerebral é controlar a consciência, desligando as atividades do cérebro quando dormimos e ligando quando acordamos. Mesmo quando dormimos o tronco cerebral controla e confere nossas atividades vitais, mantendo o corpo funcionando. O tronco cerebral trabalha como um computador, continuamente conferindo e controlando as informações que entram no cérebro através do sistema nervoso; em seguida ele age em cima dessa informação liberando as mensagens para que o sistema nervoso controle o corpo inteiro. Não tomamos consciência de todas essas atividades; podemos apenas notar seus efeitos.

## (B) Medula Espinhal

A medula espinhal é uma extensão do cérebro, estendendo-se da base do crânio até logo abaixo das costelas. É uma haste de tecido cerebral, com um pequeno canal passando através de todo seu comprimento. Toda a medula é coberta por membranas, tal como o cérebro, e é também banhada por dentro e por fora com o mesmo líquido protetor do cérebro. Enquanto o cérebro está seguramente encerrado em um crânio rígido, a medula espinhal está cercada por um conjunto de ossos chamados vértebras. Estes formam a coluna vertebral, que é capaz de flexionar-se quando nos dobramos ou movemos. A medula espinhal passa através do buraco existente no centro de cada uma das vértebras. Entre cada par de vértebras há pequenas aberturas através das quais os nervos podem passar, ramificando-se a partir da própria medula espinhal.

A medula tem a forma de um cilindro com uma coluna central de substância cinzenta em forma de H envolta por uma massa de substância branca. A substância branca corresponde a feixes de axônios mielinizados que trafegam ascendente e descendente integrando funcionalmente a medula e o encéfalo. A substância cinzenta é formada por corpos de neurônios e fibras axonais sem de mielina e está funcionalmente organizada em áreas sensoriais, associativas e motoras. Na substância cinzenta estão os circuitos de neurônios que processam os sinais nervosos.

## **Sistemas Sensoriais e Sistemas Motores**

Como coordenador da atividade dos organismos, o sistema nervoso realiza três funções gerais: sensitiva, integradora e motora. Função Sensitiva: Os nervos sensitivos captam informações do meio interno do corpo e do meio externo, e as conduzem ao SNC. Função Integradora: A informação sensitiva trazida ao SNC é processada ou interpretada. Função Motora: Os nervos motores conduzem a informação do SNC em direção aos músculos e às glândulas do corpo, levando os planos feitos pelo SNC. Dessa maneira, os músculos e/ou glândulas convertem o plano em ação. Neste texto abordaremos as funções sensitiva e motora.

### **Sistemas Sensoriais (SS)**

Sensação é a capacidade dos animais de codificarem certos aspectos da energia física e química que os circunda, representando-os como impulsos nervosos. A sensação permite a existência dos sentidos (ou modalidades sensoriais) que advêm da tradução pelo sistema nervoso das diversas formas de energia existentes no ambiente. A energia luminosa, por exemplo, em certas condições dá origem ao sentido da visão. A energia mecânica vibratória pode originar o sentido da audição, mas pode também se transformar em tato ou mesmo em dor.

Os SS representam o conjunto de regiões do sistema nervoso, conectadas entre si, cuja função é possibilitar as sensações. São constituídos pelos (1) receptores (áreas especializadas de um neurônio sensitivo que detecta um estímulo específico), (2) nervos sensitivos (conduzem os impulsos nervosos) e (3) determinadas áreas do encéfalo. Os sistemas sensoriais permitem-nos experimentar o mundo por meio de uma variedade de modalidades sensoriais: tato, pressão, dor, propriocepção, temperatura, paladar, olfato, visão, audição e equilíbrio.

Os receptores de tato e de pressão são mecanorreceptores que respondem a forças que pressionam, movimentam ou deformam o tecido; estão localizados na pele, no tecido subcutâneo e nos tecidos profundos. Os termorreceptores são detectores de calor e frio; tais receptores são encontrados nas terminações nervosas livres e em outras células sensoriais especializadas sob a pele. Os proprioceptores estão localizados principalmente nos músculos, nos tendões e nas articulações e às sensibilidades de orientação ou de posição do corpo<sup>8</sup>; Os receptores de dor (nociceptores) são terminações nervosas livres, cujo estímulo é a lesão tecidual causada por produtos químicos dos tecidos lesados, falta de oxigênio e estiramento ou torção do tecido. A informação proveniente de todos esses receptores são levadas pelos nervos sensitivos, na forma de impulsos nervosos, ao córtex parietal (área somestésica) onde são processados e interpretados de tal forma a nos permitir identificar e localizar a origem das diferentes modalidades sensoriais acima arroladas.

Os receptores olfatórios são quimiorreceptores; a informação sensorial é conduzida através do nervo olfatório<sup>9</sup> para o lobo temporal, originando o sentido do olfato. Os colículos gustatórios sobre a língua possuem quimiorreceptores que detectam quatro sub-modalidades básicas para o paladar: doce, salgado, azedo e amargo. A informação sensitiva é conduzida pelo nervo facial e glossofaríngeo para várias partes do cérebro, chegando ao córtex gustativo localizado no lobo parietal, originando o sentido do paladar. Para que se possa enxergar, a luz entra no olho e estimula os fotorreceptores da retina (camada nervosa interna que contém os fotorreceptores: os bastonetes e cones). O impulso nervoso, através do nervo óptico, conduz a informação para o lobo occipital do cérebro. As ondas sonoras que entram no ouvido<sup>10</sup> externo produzem a vibração da membrana timpânica que é transmitida aos ossículos do ouvido médio que as ampliam. A vibração ampliada determina um movimento do fluido do ouvido interno; este fluido curva as projeções ciliares das células pilosas – mecanorreceptores que se localizam na cóclea<sup>11</sup> - gerando impulsos nervosos que são conduzidos pelo nervo coclear ao córtex auditivo no lobo temporal.

---

<sup>8</sup> o sentido de propriocepção tem um importante papel na manutenção da postura e na coordenação dos movimentos do corpo.

<sup>9</sup> par de nervos cranianos I.

<sup>10</sup> O ouvido é composto pelo ouvido externo, ouvido médio (que contém três ossículos: martelo, bigorna e estribo) e o ouvido interno.

<sup>11</sup> No ouvido interno localiza-se a cóclea. Ela contém os receptores da audição, as células pilosas que constituem o órgão espiral (as células pilosas são mecanorreceptores).

Antes de chegarem aos seus respectivos córtices, as informações auditivas e visuais são integradas no mesencéfalo - nos colículos inferiores e superiores, respectivamente, que funcionam como centros reflexos para tais sensações.

O tálamo serve como uma estação intermediária para a maioria das fibras sensoriais que levam informação para as áreas sensitivas do cérebro. Nesta região do diencefalo as informações sensoriais são classificadas, o que nos permite ter uma idéia da sensação que estamos experimentando, e transmitidas para as regiões corticais específicas onde haverá uma interpretação precisa da sensação.

### **Sistemas Motores (SM)**

São quatro os elementos de operação do sistema motor: os efetadores, que realizam os movimentos; os ordenadores, responsáveis pelo comando dos efetadores, os planejadores, responsáveis pelas seqüências de comandos que produzem os movimentos voluntários complexos e os controladores, que zelam pela execução correta dos comandos motores.

Os músculos estriados esqueléticos são os efetadores do sistema motor somático. São formados por células musculares dentro das quais estão as proteínas contrateis. Estas moléculas são capazes de deslizar umas sobre as outras encurtando ou alongando cada célula muscular, produzindo, assim, o movimento e/ou o tônus muscular.

Os primeiros ordenadores, isto é, aqueles que entram em contato direto com os efetadores musculares, são os motoneurônios da medula e do tronco encefálico. Cada motoneurônio pode inervar diferentes células musculares de um mesmo músculo, mas cada célula muscular só é inervada por um único motoneurônio. O conjunto do motoneurônio com suas células musculares é a unidade motora, a unidade de comando do sistema motor. Para que os ordenadores funcionem a contento, precisam ter acesso a informações vindas dos efetadores e as obtém através dos *receptores musculares*: os *fusos*, situados dentro da massa muscular, e os *órgãos de Golgi*, situados nos tendões. Esses receptores informam os motoneurônios, através de fibras nervosas aferentes, sobre o comprimento e o grau de tensão dos músculos correspondentes.

Os movimentos mais simples são os reflexos, operados por circuitos de neurônios (os arcos reflexos) contidos na medula ou tronco encefálico. Os músculos ativados reflexamente são determinados pelo local de estimulação, e a força empregada depende da intensidade do estímulo. Os reflexos representam a forma mais elementar de comando motor coordenado. Movimentos mais elaborados podem ser obtidos por seqüências de comandos automáticos geradas por ciclos rítmicos produzidos na própria medula. É o que ocorre no ato de coçar e na locomoção.

Controlando e modulando os primeiros ordenadores, ou seja, os motoneurônios e interneurônios da medula e do tronco encefálico, o sistema motor dispõe dos centros ordenadores do córtex (lobo frontal) e regiões subcorticais (núcleos do tronco encefálico), que comandam as ações contráteis das unidades motoras através das vias descendentes mediais e lateral. O *sistema medial*, reúne as vias que controlam o *equilíbrio corporal e a postura*, comandando principalmente os músculos do eixo da coluna vertebral e cinturas escapular e pélvica; o *sistema lateral* reúne as vias de comando dos *movimentos* efetuados pelas partes mais distais dos membros (braços, mãos e pés).

Os *movimentos* voluntários complexos são *planejados, programados e comandados* por diferentes regiões do *córtex motor* (*primário, suplementar e pré-motor*) no lobo frontal. Constituindo-se nos planejadores do SM, tais regiões através de um mapa ordenado de representação do corpo, garantem que os neurônios motores possam bem comandar a força, a velocidade, a amplitude e a direção de cada movimento com a maior precisão. Finalmente, tudo isso é controlado pelo *cerebelo* e os *núcleos da base*, regiões de "assessoria" do córtex motor, que o orientam na avaliação dos comandos enviados aos ordenadores medulares e na avaliação da execução das contrações musculares que possibilitam os movimentos.

## **Atividade Nervosa Superior**

Louise Bérubé [1] define as atividades nervosas superiores (ou funções cerebrais superiores) como as capacidades que mobilizam: (1) um sistema de organização da informação perceptual<sup>12</sup>, (2) a rememoração da aprendizagem anterior, (3) os mecanismos córtico-subcorticiais que sustentam o pensamento e (4) a capacidade de tratar duas ou mais informações ou eventos simultaneamente. Estas características separam nossa espécie das demais porque no homem elas alcançaram um desenvolvimento tal que lhe permite, em boa medida, modificar o ambiente e as circunstâncias em que vive de tal forma como nenhuma outra espécie o faz<sup>13</sup>.

O córtex cerebral<sup>14</sup> é o assento anátomo-funcional das mais importantes funções intelectuais ou superiores do indivíduo. O córtex não só contém os corpos neurais principais que suportam as funções consideradas "simples" (em contraposição às superiores), como as motoras, sensitivo-motoras, auditivas ou visuais, mas também integram funções muito elaboradas como a memória, a linguagem, o raciocínio abstrato ou atividades gestuais. As funções cerebrais superiores não se encontram localizadas em centros isolados do cérebro, mas se acham integradas em grupos de regiões que formam uma rede cerebral baseada em interconexões neurais, isto é, as funções cerebrais têm uma distribuição interconectada, formando uma rede integrada. Ao contrário das funções chamadas inferiores que têm centros ou áreas mais definidas, tais como a motilidade, sensibilidade, área visual etc. Ainda que, cada vez fique mais evidente que o córtex cerebral não funciona como área autônoma, mas sim como um todo integrado e relacionado com estruturas subcorticiais, não é menos certo que em situações patológicas, lesões muito seletivas de áreas ou zonas críticas produzem manifestações específicas e/ou quase específicas, recordemos, aqui, a lesão na base da terceira circunvolução frontal que produz alteração específica que se denomina "afasia motora de Broca".

**Funções cerebrais superiores: praxia, gnosia, linguagem, atenção, memória e funções executivas.**

### **Praxia**

É a capacidade de executar movimentos aprendidos, simples ou complexos, em resposta a estímulos apropriados, *visuais ou verbais* (ex. linguagem gestual, execuções musicais, representações gráficas, habilidades motoras etc.). *Apraxia* é impossibilidade de executar tais movimentos coordenados, embora não haja comprometimento da motricidade e da sensibilidade, ou seja, do sistema executor. Neste caso, a deficiência está nos *planejadores* (responsáveis pelas seqüências de comandos que produzem os movimentos voluntários complexos) e/ou nos *controladores* (que zelam pela execução correta dos comandos motores) do SNmotor. Dependendo do tipo de apraxia, pode-se encontrar lesões nos córtices temporais, parietais, occipitais e/ou corpo caloso.

### **Gnosia**

É conhecimento obtido por meio da elaboração de experiências sensoriais. Cada experiência se confronta com outras já adquiridas, e desta confrontação surge o reconhecimento de aspectos comuns e particulares que a singularizam. As *agnosias* (dificuldade de realizar tal função) são classificadas segundo o canal sensorial que se utiliza. Por exemplo, dificuldade ou incapacidade de reconhecer (1) objetos pelo tato - *Agnosia Tátil ou Asteriognosia*; (2) ruídos, palavras ou música - *Agnosia Auditiva*; ou ainda, (3) a *Agnosia Somestésica*, caracterizada pela falta de reconhecimento de partes do seu próprio corpo ou mesmo partes inteiras do espaço extra-corporal. Tais agnosias geralmente apresentam-se em pacientes com lesões do lóbulo parietal. Já as lesões parieto-

---

<sup>12</sup> percepção: sensação interior resultante de uma impressão material feita nos sentidos.

<sup>13</sup> Até onde sabemos, o animal mais próximo neste sentido é o chimpanzé, que é apto para ajudar-se com um pau com o objetivo de alcançar um fruto. Se esta atitude o aproxima qualitativamente do homem, a diferença quantitativa continua sendo abismal a favor deste último.

<sup>14</sup> Esta propriedade se inicia filogeneticamente faz uns oito milhões de anos, mediante sucessivas evoluções; progressivamente, e em um lapso temporal relativamente curto, aumentaram sua capacidade craniana até que o homem atual possui cerca de três vezes aquela capacidade original. Provavelmente este desenvolvimento decorreu da necessidade de responder adequadamente a ambientes hostis e prover-se de diferentes alimentos. As funções cerebrais superiores cresceram em paralelo com o aumento do tamanho cerebral e terminaram conferindo à nossa espécie as particularidades que hoje a caracterizam e a diferenciam das outras espécies.

occipitais (uni ou bilaterais) provocam as *Agnosias Visuais* as quais implicam, fundamentalmente, falhas ou defeitos no reconhecimento de objetos ou imagens.

### **Linguagem e Fala**

A linguagem é um código de sons ou gráficos que servem para a comunicação social entre os seres humanos; qualquer meio sistemático de comunicar idéias ou sentimentos através de signos convencionais, sonoros, gráficos, gestuais etc. A linguagem é formada por 3 componentes básicos: *gramática*, *semântica* e *sintaxe*. A *gramática* é o componente que organiza os elementos, como os fonemas, morfemas, palavras, frases etc. e os processos de formação, construção, flexão e expressão desses elementos. A *semântica* é o componente da linguagem que dá significado às palavras; e a *sintaxe* é o componente do sistema lingüístico que determina as relações formais que interligam os constituintes da sentença, atribuindo-lhe uma estrutura. O assento anátomo-funcional da linguagem está no hemisfério esquerdo em 98% dos destros e em 70% dos canhotos. A atividade majoritária da linguagem se concentra nas chamadas Zonas de Broca, Wernicke, Exner, e supramarginais. Investigações com Ressonância Magnética Funcional demonstraram que também na linguagem ordinária há alguns componentes que são processados no hemisfério direito sobretudo o "tom humoral" e o "tom afetivo". As afasias (ou agnosia verbal) são caracterizadas pela perda ou transtorno da produção (*afasia de expressão tipo broca*), compreensão (*afasia de compreensão ou de wernicke*), ou ambas as coisas (*afasia total ou global*), da linguagem falada ou escrita. Ou ainda, dificuldade para nomear os objetos (*afasia nominativa*) ou incompreensão da fala de seus interlocutores (*afasia receptiva*).

### **Atenção<sup>15</sup>**

É um mecanismo de focalização dos canais sensoriais ou cognitivos; capaz de facilitar a ativação de certas vias ou regiões cerebrais de modo a colocar em 1º. plano a sua operação, e em 2º. plano a operação de outras regiões. A *atenção sensorial* ou *percepção seletiva* se dá quando focalizamos a atividade cerebral em estímulos sensoriais (um ruído, uma luz); este mecanismo funcionaria como um facilitador da respostas neurais que ocorrem tanto nas áreas sensoriais quanto nas áreas associativas. Quando a atividade cerebral é focalizada em um processo mental, como um cálculo matemático, uma lembrança, um pensamento, ela é denominada *atenção mental* ou *cognição seletiva*. Este mecanismo funcionaria como modulador das informações processadas pelo córtex pré-frontal dorsolateral e seria realizado prioritariamente pelo córtex cingulado anterior (ver *funções executivas* mais adiante). Comprometimentos pré-frontais e parietais posteriores de distinta etiologia podem levar a uma deficiência atencional (hipoprosexia) caracterizada clinicamente pela facilidade e freqüência com a qual estímulos irrelevantes interferem no processo atencional.

### **Memória**

A memória<sup>16</sup> se define como a faculdade do cérebro que permite registrar experiências novas e recordar outras passadas. Dito em outros termos, é a capacidade de incorporar, armazenar e evocar informações de forma clara e efetiva.

Se podem distinguir três fases ou seqüências: (1) aprendizagem: recepção e registro da informação, (2) armazenamento (ou consolidação): computa sua codificação cerebral e (3) recordação: evocação e reconhecimento das informações outrora armazenadas.

1. *Memória Imediata* Também chamada de *memória de curto prazo* ou *memória de trabalho*. Este tipo de memória mantém durante alguns segundos, no máximo alguns minutos, a informação que está sendo processada no momento; sua capacidade é limitada (aproximadamente sete itens) e as informações são mantidas por processos de atenção e ensaio. Esta espécie de memória diferencia-

---

<sup>15</sup> Atenção espontânea: É a solicitada por valores intrínsecos do estímulo em relação com as necessidades ou interesses do organismo. Atenção voluntária: Aqui media uma decisão do sujeito para mobilizá-la, focalizá-la e manter a atenção.

<sup>16</sup> Devemos recordar duas coisas: que a capacidade de memória é limitada e que o esquecimento é uma função fisiológica normal. Ademais, as variações de uma pessoa para outra são extraordinárias. Mas há especialização e truques mnemônicos, isto é há como treinar e exercitar a memória.

se das demais por não deixar traços e não produzir arquivos. A memória imediata é processada, fundamentalmente, pelo córtex pré-frontal (porção mais anterior do lobo frontal).

2. *Memória Operacional* Também chamada de *memória de curta-duração* ou memória de trabalho ou memória recente. Este tipo de memória retém as informações durante um período de tempo cuja duração é determinada pelo lapso temporal interposto entre o momento da aquisição da informação e aquele no qual sua evocação deixa de ser útil ou necessária; sua capacidade não é limitada a um número específico de itens. Este gênero de memória deixa traços e produz arquivos os quais, em determinado momento, podem ser “apagados” ou então “transferidos” definitivamente para o sistema de memória de longo prazo. Esta classe de memória depende dos respectivos sítios de processamento sensoriais – de acordo com a origem perceptual da informação – e de estruturas do lobo temporal, em especial da formação hipocampal além dos corpos mamilares. A função das estruturas do lobo temporal seria a de manter o nível de atividade local nos sítios de processamento inicial da informação e, assim, desencadear os processos de alteração na eficiência sináptica até sua mudança permanente. Essa seria a razão pela qual as estruturas do lobo temporal são necessárias para aprendizagens com treino único ou armazenamento de eventos específicos. A independência dos sistemas de memória não-declarativa em relação às estruturas do lobo temporal estaria associada ao fato de que a repetição de um dado processamento manteria o nível de atividade necessário nas estruturas de processamento para que ocorra a alteração da eficiência sináptica.

3. *Memória de Longo Prazo* Também chamada de memória remota. Este é um sistema de memória permanente. As informações são armazenadas após o processo de consolidação. Fazem parte deste sistema os subsistemas: declarativo ou explícito e o não-declarativo ou implícito. *Memória Declarativa ou Explícita*: Neste sistema existe acesso consciente ao conteúdo da informação, são armazenadas as informações sobre as pessoas, os lugares e os eventos da vida diária. O processo de consolidação das informações depende das estruturas do lobo temporal medial (hipocampo, o córtex entorrinal, o córtex parahipocampal e o córtex perirrinal), diencéfalo e respectivos sítios de processamento sensoriais; é o tipo de memória prejudicada nos pacientes amnésicos. Este sistema está subdividido em: *Memória Episódica*: reúne as memórias para eventos, sendo autobiográfica e *Memória Semântica*: reúne as memórias para fatos e conhecimentos gerais acerca do mundo. *Memória Não-Declarativa ou Implícita*: Também chamada de *memória de procedimento* ou *procedimental*. As informações deste sistema são adquiridas gradualmente ao longo de diversas experiências; As informações processadas neste sistema resultam da experiência, porém, a evocação é expressa como uma mudança no comportamento, não como uma lembrança (recordação); sendo assim, só pode ser evidenciada por meio do desempenho. Depois de tornada automática, não há acesso consciente ao conteúdo da informação e o processo é independente da atenção. O processo de consolidação não depende das estruturas do lobo temporal, mas sim da repetição da tarefa, o que provoca a ativação repetida nos sítios de processamento sensoriais. Os subsistemas da memória não-declarativa estão associados a diferentes estruturas do sistema nervoso: habilidades e hábitos associam-se aos núcleos basais, pré-ativação ao neocórtex, condicionamento clássico simples relaciona-se à amígdala nas respostas emocionais e ao cerebelo nas respostas da musculatura esquelética, a aprendizagem não-associativa, por seu turno, vincula-se às vias reflexas.

**Amnésia** é a incapacidade parcial ou total de reter e evocar informações. Qualquer processo que interfira com a formação de uma memória a curto-prazo ou a sua fixação em memória de longo prazo resulta em amnésia. **Amnésia Retrógrada** (Distúrbio de Evocação): Incapacidade de recordar acontecimentos ocorridos antes do estabelecimento do distúrbio. **Amnésia Anterógrada** (Distúrbio de Retenção): Incapacidade de armazenar novas informações. Pessoas que tenham lesões nas estruturas temporais mediais apresentam a chamada amnésia orgânica, ou síndrome amnésica ou amnésia do LTM:

- Caracterizada por uma amnésia anterógrada.
- Amnésia retrógrada em graus variados mas restrita aos anos, meses ou dias que antecederam o agente amnésico; a memória para eventos remotos se mantém intacta.
- Deficiência na formação de novas memórias: memória operacional e memória declarativa (episódica e semântica).
- As memórias não declarativas e a memória imediata estão preservadas.

## ***Funções Executivas ou Funções Intelectuais Superiores***

O termo funções executivas (FE) designa os processos cognitivos de controle e integração destinados à execução de um comportamento dirigido a objetivos, necessitando de subcomponentes como atenção, programação e planejamento de seqüências, inibição de processos e informações concorrentes e monitoramento. O lobo frontal, particularmente a região pré-frontal, tem sido relacionado com essas funções. O córtex pré-frontal (situado anteriormente às regiões motoras) ocupa cerca de ¼ do córtex humano, o que em termos relativos representa a maior proporção entre todos os animais. O CPF estabelece conexões recíprocas com praticamente todo o encéfalo: todas as áreas corticais, vários núcleos do tálamo e núcleos da base, o cerebelo, a amígdala, o hipocampo e o tronco encefálico. Tal variedade de conexões possibilitaria tal região a exercer funções de controle coordenação geral das funções mentais e do comportamento.

Pode-se reconhecer três grandes regiões funcionais; cujo funcionamento conjunto seriam responsáveis pelas atividades intelectuais superiores (funções executivas): (1) a região dorsolateral (CPF dorsolateral), recebe informações que entram através dos sistemas sensoriais e chegam a ele por meio de abundantes conexões aferentes provenientes das áreas corticais sensoriais e associativas; sua função seria de comparar as informações novas com aquelas armazenadas na memória de longo-prazo. (2) a região cingulada anterior (córtex cingulado anterior) seria o responsável pela focalização nas informações que chegam ao CPF dorsolateral (*atenção mental* ou *cognição seletiva*) ou seja, ele filtraria ou modularia informações processadas pelo CPF dorsolateral. (3) a região ventromedial, encarregado de adequar os dados do presente que vêm sendo processados pelo CPF dorsolateral, com os objetivos de longo, médio e curto prazo estabelecidos pelo indivíduo, e com as demais circunstâncias pessoais e sociais envolventes. Assim, o CPF ventromedial seria responsável pelo planejamento dos comportamentos necessários para a concretização dos objetivos, estaria envolvido com o planejamento de ações, do raciocínio e com o ajuste social do comportamento.

## ***Mais algumas considerações sobre o Sistema Nervoso***

### ***Áreas de Associação***

O movimento e os sentidos ocupam apenas duas estreitas faixas transversais do córtex cerebral. O resto do córtex não tem funções tão facilmente reconhecíveis. Contém as áreas de associação, e é onde, ocorre o exame e a interpretação do enorme número de sinais que chegam ao cérebro, e a decisão de qualquer ação a ser efetuada - ou, às vezes, a decisão de não agir. A maneira pela qual as áreas de associação trabalham ainda não é bem compreendida. Algumas vezes grandes partes do cérebro podem ser afetadas, por doença ou por acidente, sem provocar muitos problemas; por outro lado, danos em pequenas partes podem originar graves distúrbios. Na realidade, a maneira pela qual o cérebro funciona é muito mais complicada do que parece à primeira vista. Partes muito grandes do cérebro parecem não ter nenhuma finalidade aparente, mas, como os neurônios estão de tal maneira interligados, acredita-se que todas as partes do cérebro têm alguma função.

### ***Os hemisférios cerebrais***

Normalmente os dois lados do cérebro devem trabalhar juntos e eles se comunicam entre si através do corpo caloso. Quando este é cortado, e os dois hemisférios são mantidos separados, podem ser observadas as diferenças entre eles. Na maioria das pessoas, o lado esquerdo do cérebro é responsável pelo pensamento lógico. Este é o raciocínio exato, detalhado e minucioso que precisamos, por exemplo, para a matemática. Também usamos o lado esquerdo do cérebro para controlar nossa fala. Pequenas partes separadas do hemisfério esquerdo cuidam das ações necessárias para a escrita, para o som que produzimos quando falamos e para dar nome às coisas que podemos ver. A parte esquerda do cérebro funciona dessa maneira na maioria das pessoas, mas nos canhotos o lado direito do cérebro pode ser a metade lógica. Em algumas pessoas canhotas, a fala pode ser controlada por ambos os lados.

O lado direito do cérebro é a parte artística, relacionando-se com o entendimento e a interpretação do mundo que nos cerca - mas, geralmente, não com a fala. O cérebro artístico está ligado à observação do ambiente que nos rodeia. Ele pode, por

exemplo, identificar um rosto familiar em uma multidão; mas é o lado esquerdo que vai buscar o nome da pessoa em nossa memória. As habilidades musicais também dependem do lado direito do cérebro, da mesma maneira que as habilidades visuais, como a pintura.

Embora cada metade do cérebro possa operar sozinha, ambas devem trabalhar juntas para funcionarmos normalmente. Para a maioria das atividades, usamos os dois lados simultaneamente, e eles trabalham de maneira muito bem coordenada.

### *Glossário*

**Axônio:** um fio longo que se estende do corpo de um neurônio, ao longo do qual os sinais são carregados.

**Células gliais:** células especiais que estão amontoadas ao redor e entre os neurônios. Elas ajudam a sustentar o delicado tecido nervoso.

**Cerebelo:** uma área pequena e profundamente vincada na parte posterior do cérebro, relacionada com o controle da coordenação dos movimentos e do equilíbrio.

**Cérebro:** uma grande área abobadada que constitui a maior parte do encéfalo. O raciocínio, a memória e os sentidos são controlados pelo cérebro.

**Corpo caloso:** uma pequena tira de tecido que liga os dois hemisférios do cérebro. Os sinais passam do lado direito para o lado esquerdo do cérebro através do corpo caloso.

**Córtex:** camada exterior do cérebro, formada de massa cinzenta.

**Córtex motor:** parte da superfície do cérebro na qual as instruções para o movimento muscular são processadas.

**Córtex sensorial:** parte da superfície do cérebro na qual a informação vinda dos órgãos dos sentidos é processada e convertida nas "sensações" que sentimos.

**Dendritos:** finas ramificações de um neurônio que estão em contato com o axônio de outro neurônio na sinapse.

**EEG:** eletroencefalograma; a medida das atividades elétricas do cérebro, registradas em forma de gráfico em uma estreita tira de papel.

**Gânglios:** pequenos grupos de neurônios, onde os sinais nervosos são processados.

**Hemisfério:** as duas estruturas com formato de cúpula que compõem o cérebro.

**Hipotálamo:** uma pequena parte do cérebro que está relacionada com a expressão das emoções (como mudança de pulsação, transpiração, etc.); controla o sono e governa a ação da glândula mais importante do corpo humano, a hipófise (pituitária).

**Íon:** partícula química eletricamente carregada. do o sal comum, ou cloreto de sódio, é dissolvido em água, ele se separa em dois íons: o de sódio e o de cloro.

**Massa branca:** massa de axônios muito juntos. A massa branca compõe a maior parte do interior do cérebro e o exterior da medula espinhal.

**Massa cinzenta:** parte do tecido nervoso no qual estão situados os corpos dos neurônios. A maior parte do lado externo do cérebro e interno da medula espinhal.

**Medula espinhal:** um grande feixe de células nervosas que desce do cérebro dentro da coluna vertebral.

**Membrana:** a cobertura fina de um tecido ou célula. Os neurônios são cobertos com uma fina membrana através da qual passam as substâncias químicas transmissoras.

**Meninges:** membranas que cobrem o cérebro e parte da medula espinhal. Há três membranas: dura-máter, aracnóide e pia-máter.

**Nervo:** feixe de axônios através dos quais passam os sinais do e para o cérebro.

**Neurônio:** célula nervosa que passa os sinais para outros neurônios ao longo do axônio, que é semelhante a um fio.

**Receptores:** grupo de células que podem receber um sinal e passá-lo para o sistema nervoso. Receptores típicos são os do tato, na pele, e os de luz, na retina do olho.

**Reflexo:** resposta automática do corpo que inicialmente não envolve o cérebro. Um exemplo de reflexo é afastar a mão de um objeto quente.

**Sinapse:** intervalo entre o axônio de um neurônio e os dendritos de outro neurônio.

**Sistema nervoso autônomo:** parte do sistema nervoso que funciona sem nosso conhecimento consciente. Ele controla todo o sistema de sustentação de vida do corpo.

**Sistema nervoso central:** o cérebro e a medula espinhal são as partes essenciais do sistema nervoso, formando juntos o **sistema nervoso central**.

**Sistema nervoso parassimpático:** uma parte do sistema nervoso autônomo que influencia a pupila dos olhos, a pulsação, a respiração, a digestão e os órgãos sexuais. Sua ação geralmente é oposta à do sistema nervoso simpático.

# FISIOLOGIA DO ENVELHECIMENTO: O DECLÍNIO DOS SISTEMAS CARDIOVASCULAR, RESPIRATÓRIO, RENAL, DIGESTÓRIO, ENDÓCRINO E NERVOSO

## Sistema Cardiovascular

Contrariamente à opinião popular, não há um declínio significativo no débito cardíaco (volume de sangue sendo bombeado pelo coração em um minuto; é igual à frequência cardíaca multiplicada pelo volume sistólico - é o volume de sangue que o coração ejeta a cada batimento) em repouso relacionado com a idade. Quando o débito cardíaco diminui, ele é secundário a processos de doença relacionados à idade, como a arteriosclerose (doença degenerativa da artéria devido à destruição das fibras musculares lisas e das fibras elásticas que a constituem, levando a um endurecimento da parede arterial).

Um declínio no débito cardíaco relacionado com a idade ocorre durante exercícios. O coração não consegue responder tão rapidamente ou com tanta força à carga aumentada do coração em exercício. Esforços, movimentos súbitos e mudanças na posição podem causar uma diminuição no débito cardíaco, resultando em vertigem e perda de equilíbrio (quedas). Diversas mudanças estruturais no coração contribuem para a resposta a exercícios diminuída: o músculo cardíaco perde elasticidade e fica mais rígido, as valvas cardíacas ficam mais espessas e mais rígidas, o número de células marca-passo diminui e as células cardíacas envelhecidas diminuem sua capacidade de utilizar ar oxigênio.

Ocorre um aumento relacionado com a idade na pressão arterial, o que aumenta o trabalho que o coração precisa fazer para bombear sangue para a circulação sistêmica.

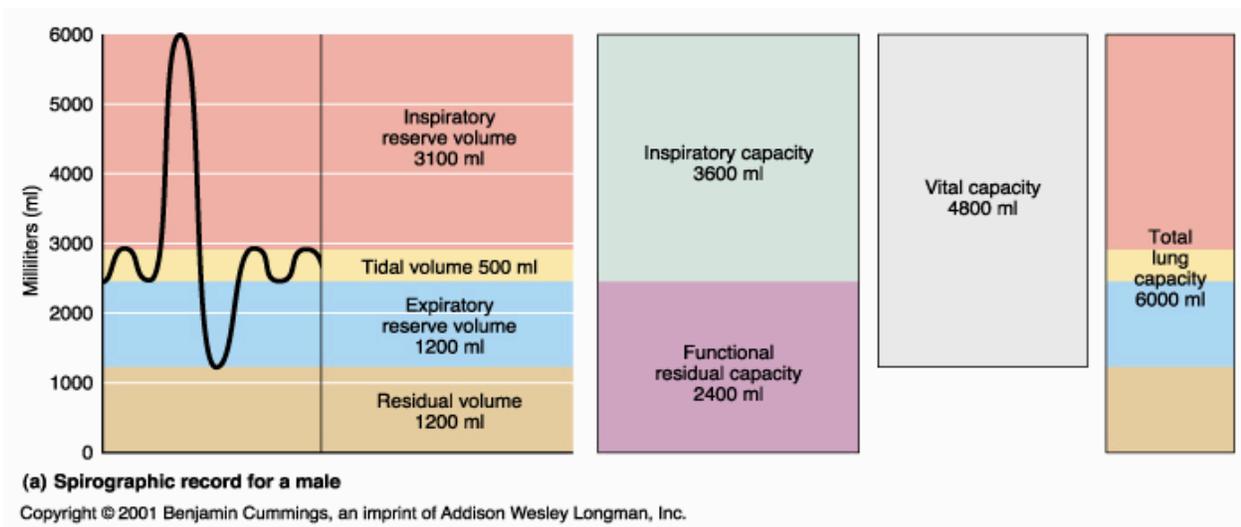
O sistema circulatório é um dos sistemas do corpo mais afetados pela idade. As paredes das artérias espessam-se e ficam menos elásticas e mais rígidas. Há duas conseqüências principais: o fluxo sanguíneo para órgãos vitais (por exemplo, o cérebro) diminui e a pressão sanguínea aumenta.

Mudanças ocorrem tanto nas paredes como nas válvulas das veias. Como resultado, os idosos são mais propensos ao desenvolvimento de veias varicosas (que se encontra dilatado, tortuoso, formando nós – varizes).

A superfície interna dos vasos sanguíneos fica mais áspera em razão das alterações relacionadas ao envelhecimento da parede do vaso, e do desenvolvimento de placas gordurosas. Como resultado as pessoas idosas são mais propensas a formar trombos (coágulo em vaso sanguíneo).

## Sistemas Respiratório

Quando uma pessoa envelhece, a capacidade pulmonar diminui. Isso ocorre em razão da perda da elasticidade do tecido pulmonar e da diminuição na eficiência dos músculos respiratórios. Por volta dos 70 anos de idade, a capacidade vital diminuiu 33%.



Com o envelhecimento, muitos dos mecanismos protetores do sistema respiratório diminuem. Por exemplo, a atividade ciliar da mucosa diminui; os fagócitos nos pulmões tornam-se menos efetivos. Como resultado, a população idosa corre maior risco de infecções respiratórias.

Com as mudanças estruturais relacionadas à idade, o número de alvéolos diminui, resultando na diminuição da oxigenação e na conseqüente diminuição da capacidade para a atividade física.

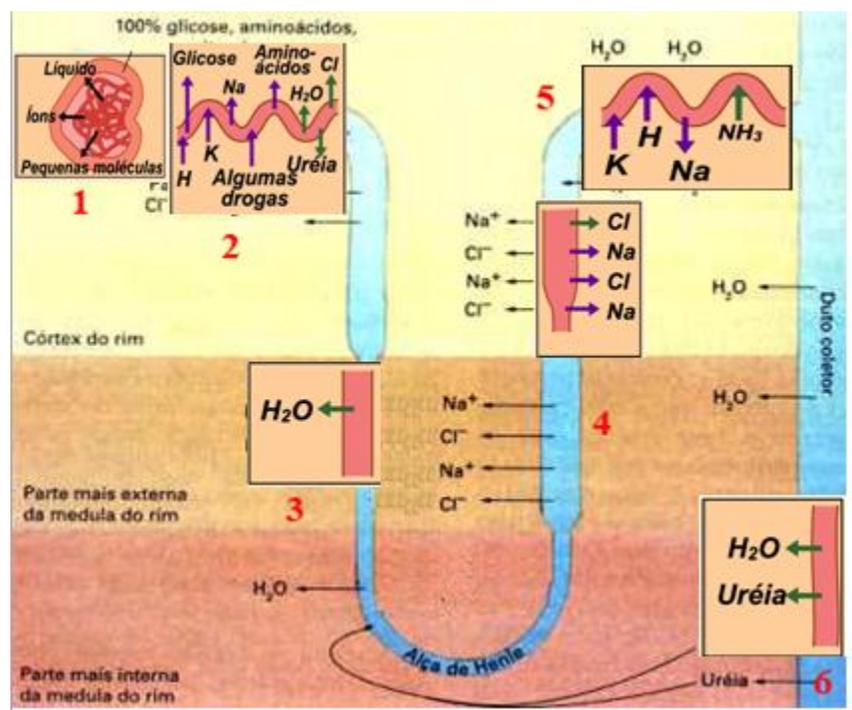
Tendo respirado durante toda a sua vida várias substâncias nocivas (p. ex.: fumaça de cigarro, poluentes, polens e patógenos), os pulmões de uma pessoa idosa freqüentemente apresentam evidências de deterioração.

### Sistemas Renal

O número de néfrons diminui progressivamente até que, por volta dos 70 a 80 anos de idade, tenha ocorrido uma redução em torno de 50%. Clinicamente, essa diminuição na função do néfron promove uma redução na capacidade de concentrar urina.

A taxa de filtração glomerular (TFG: volume de água filtrada fora do plasma pelas paredes dos capilares glomerulares nas cápsulas de Bowman, por unidade de tempo) diminui com a idade. Como resultado, a pessoa idosa excreta drogas mais lentamente e corre o risco de acumulá-las em excesso. A diminuição da TFG também produz, na pessoa idosa, dificuldades em excretar o excesso de volume sanguíneo, de tal maneira que alguns fluidos intravenosos devem ser administrados lenta e cuidadosamente. A super-hidratação é uma causa comum de falência cardíaca no idoso.

A bexiga urinária da pessoa idosa diminui, diminuindo também a sua capacidade de contrair e de relaxar. Como resultado, a pessoa idosa urina com mais freqüência. Em razão da diminuição na ação efetiva da contração da bexiga e da presença de urina residual, a incidência de infecções na bexiga aumenta. O enfraquecimento do esfíncter externo e a diminuição na capacidade sensitiva em distender a bexiga aumentam a incidência de incontinência urinária. A freqüente micção no homem pode ser causada por um aumento da próstata, uma alteração comum relacionada à idade.



### Sistema Digestório

A parede muscular do trato digestório perde o tônus, causando constipação devido a um peristaltismo lento.

A secreção de saliva e de enzimas digestórias diminui, diminuindo dessa forma a digestão. A diminuição das secreções também impede a absorção de vitaminas (vitamina B12) e minerais (ferro e cálcio).

As sensibilidades gustatória e olfatória diminuem com a idade. Conseqüentemente, o alimento tem um gosto diferente, e o apetite pode ser afetado.

A perda dos dentes e a incapacidade de mastigar eficazmente os alimentos causam dificuldades na alimentação. A perda dos dentes pode também afetar a escolha do alimento, levando o idoso a selecionar uma dieta menos nutritiva, como chá e torrada

O peristaltismo no esôfago não é iniciado durante cada deglutida, e o esfíncter esofágico inferior relaxa mais vagorosamente. Essas alterações dificultam a deglutição e causam uma sensação precoce de plenitude.

Um enfraquecimento do reflexo do vômito aumenta o risco de aspiração.

O fígado encolhe e recebe um menor suprimento de sangue. O padrão de desintoxicação de drogas pelo fígado diminui, prolongando desse modo os efeitos das drogas,, predispondo a pessoa a uma "overdose" (lembre-se o fígado e o principal órgão que atua na inativação de drogas).

### **Sistema Endócrino**

Em geral, as alterações endócrinas relacionadas com a idade incluem uma alteração na secreção, nos níveis circulantes, no metabolismo e na atividade biológica dos hormônios. Porém, o envelhecimento normal não leva a estados de deficiência graves. Alterações na glândula tireóide causam uma diminuição na produção dos seus hormônios, diminuindo o padrão metabólico. A diminuição da secreção do hormônio do crescimento determina uma diminuição da massa muscular e um aumento no armazenamento de gordura.

A medida que a mulher envelhece, entre os 40 e 50 anos, os ovários começam a diminuir a produção de estrógenos e progesterona; antes que cesse por completo a produção desses hormônios (menopausa), o corpo entra numa fase de transição, o climatério. Esta etapa é caracterizada por uma série de sintomas, entre eles as ondas de calor geralmente seguidas de suor frio, ressecamento vaginal e a diminuição da libido. Também há maior tendência a distúrbios emocionais, como depressão, melancolia, irritabilidade, desânimo e cansaço constante - além de aumentar a vulnerabilidade feminina a determinadas doenças como infartos do miocárdio, derrames cerebrais e osteoporose. Por fim, o período menstrual cessa por completo iniciando-se a menopausa, ou seja, o fim do ciclo reprodutivo feminino. A diminuição da secreção de estrógeno provoca alterações nos órgãos acessórios do sistema genital. Os tecidos tornam-se delgados, com a diminuição das secreções. Tais mudanças fazem com que a mulher se torne propensa às infecções vaginais. Além disso, a diminuição das secreções pode tornar a relação sexual desconfortável. A diminuição do estrógeno também está relacionada ao enfraquecimento dos ossos que resulta na osteoporose, bem como ao aumento da incidência das doenças cardiovasculares.

Em torno dos 50 anos, o tamanho do útero está diminuído em torno de 50%. Os ligamentos que fixam o útero, bexiga urinária e reto tornam-se débeis, permitindo a queda desses órgãos. Em alguns casos a correção cirúrgica torna-se necessária. Os tecidos que constituem as mamas se alteram; os ligamentos de suporte enfraquecem; as células fibrosas substituem as glandulares e a quantidade de tecido adiposo diminui. Estas mudanças provocam a queda das mamas, isto é, elas se tornam pendentes.

Em torno dos 40 anos, a função dos testículos diminui. Esse declínio é acompanhado pela diminuição da secreção de testosterona e do número de espermatozoides (até 50%). Apesar dessas mudanças, o homem continua a produzir espermatozoides e é capaz de gerar filhos na maior parte do tempo de sua vida. A partir dos 40 anos, o nível de testosterona começa a diminuir cerca de 1% ao ano. O Distúrbio Androgênico do Envelhecimento Masculino, caracterizado pela deficiência de testosterona no homem idoso pode causar diminuição do interesse sexual (libido) e da qualidade das ereções; diminuição da massa muscular; aumento da massa de gordura visceral e alterações no perfil lipídico no sangue; diminuição da massa óssea e osteoporose e diminuição da sensação de bem-estar - caracterizada como diminuição da atividade intelectual, dificuldade de orientação espacial, fadiga e depressão.

### **Diabetes**

A diabetes mellitus é uma doença, popularmente conhecida como diabetes, relacionada a distúrbios no controle da glicemia. Os diabéticos apresentam altas concentrações de glicose no sangue (hiperglicemia). Existem dois tipos de diabetes: tipo 1 e tipo 2. A diabetes tipo 1 é uma enfermidade na qual o sistema imunitário destrói as células beta do pâncreas. A morte de células

beta leva à queda na produção de insulina e, conseqüentemente, ao aumento na taxa de glicose no sangue. Esse tipo de diabetes geralmente surge na infância ou adolescência e acredita-se que tenha origem hereditária. A diabetes tipo 2 é mais comum em adultos. Neste caso, o pâncreas produz insulina, mas a glicose não é absorvida pelos tecidos. Isto ocorre devido a uma diminuição na quantidade de receptores de insulina presentes nas células alvo ou devido a uma redução na sensibilidade de tais receptores. Em alguns casos, o pâncreas produz uma quantidade de insulina abaixo do normal, o que, somado à redução da sensibilidade dos receptores, leva a uma dificuldade ainda maior no controle da glicemia.

A diabetes tipo 2 é bastante freqüente na população idosa e pouco diagnosticada e tratada nesta idade. A grande maioria dos diabéticos tem mais de 45 anos e no Brasil existem em torno de 5 milhões de diabéticos. O aumento do diabetes no envelhecimento se deve principalmente a obesidade, a falta de atividade física, e uso de remédios como corticóides. O tratamento do diabetes na 3ª idade em geral é feito com dieta pobre em carboidratos, atividade física e às vezes, com o uso de medicamentos, como a insulina. Entretanto, a aplicação do tratamento no idoso pode ser difícil devido às condições associadas com o próprio envelhecimento. Pacientes muito idosos podem ter problemas ao preparar suas próprias refeições devido ao tremor, artrite ou alterações afetivas ou cognitivas. Pessoas com demência severa podem ser particularmente insensíveis à fome e à sede. Muitos pacientes idosos ou não têm dentes, ou têm próteses com adaptação precária, que interfere na mastigação. Estes fatores tornam difícil a alimentação adequada e refeições nutritivas a intervalos regulares. Por todos estes fatores, o tratamento do diabético idoso é um desafio especial. Como a prevalência da doença é muito alta nesta população, o problema torna-se ainda maior, aliado à baixa renda. Por isto, o diabético idoso deve ser tratado com especial paciência e compreensão.

### **Sistema Nervoso**

Com a idade ocorre uma diminuição da sensibilidade e do no. de receptores sensoriais e dos neurônios, resultando em uma atenuação dos sentidos. Existe uma perda gradual do olfato e do paladar que se inicia por volta dos 50 anos de idade. Ocorrem lesões cumulativas das células pilosas do órgão espiral após os 60 anos de idade. Os mais idosos perdem a capacidade de ouvir sons agudos e as consoantes ch, f, g, s, t e z. Vinte e cinco por cento dos idosos possuem a audição prejudicada. A diminuição da visão ocorre por volta dos 70 anos de idade, principalmente em razão de um decréscimo na quantidade de luz que alcança a retina e de uma diminuição da focalização da luz sobre a mesma. Os músculos da íris tornam-se menos eficazes, de tal maneira que as pupilas permanecem um pouco contraídas a maior parte do tempo. As glândulas lacrimais tornam-se menos ativas e os olhos ficam secos e mais sensíveis à irritação e infecção bacteriana.

Além disso, os tendões e ligamentos tornam-se menos flexíveis e, com isso, as articulações apresentam uma diminuição da amplitude de movimentos. O no. e o diâmetro das fibras musculares diminuem. Os músculos tornam-se menores, desidratados e mais fracos. As fibras musculares são gradualmente substituídas por tecido conjuntivo, especialmente o adiposo. Aos 80 anos de idade, 50% da massa muscular foi perdida. A função mitocondrial dos músculos diminui, especialmente nos músculos que não são exercitados regularmente. Os neurônios motores são gradualmente perdidos, resultando em atrofia muscular. Essas alterações tendem a diminuir a força muscular e a diminuir os reflexos musculares.

Com a idade, a velocidade de condução do impulso diminui ao longo de um axônio; quantidades de neurotransmissores são reduzidas; o número de locais receptores diminui nas sinapses. Essas alterações resultam em uma progressivo prejuízo do processamento da informação no SN, caracterizado principalmente por uma lentidão das respostas e dos reflexos.

O envelhecimento da divisão autônoma do sistema nervoso pode causar diversas alterações. Por exemplo, uma diminuição na eficácia da parte simpática pode causar hipotensão transitória e desmaios. Desmaios nos idosos têm como resultado, muitas vezes, lesões, como a fratura do quadril.

O número de neurônios começa a diminuir a partir dos 30 anos. O número perdido, todavia, é somente uma pequena porcentagem do número total de células encefálicas, e não prejudica a mente. Enquanto uma diminuição da memória de curto prazo pode causar alguns esquecimentos, a maior parte da memória- o estado de alerta, as funções intelectuais e a criatividade -

permanecem intactos. Alterações graves das funções mentais geralmente se devem a doenças relacionadas com a idade, como a arterioesclerose, ou ainda, a Doença de Alzheimer<sup>17</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bérubé L. (1991). Terminologie de neuropsychologie et de neurologie Du compartiment, Montreal: Les Edicions de la Cheneelière.
2. Costa, VCI. 1995. Arquitetura do Sistema Nervoso Central: neurônio, substância branca e cinzenta, agrupamentos celulares e fibras. Ribeirão Preto, 43p.
3. Dangelo, JG e Fattini, CA. 1988. **Anatomia Humana Básica**. 2a.ed. São Paulo, Ed. Atheneu,184p.
4. Frank Netter - The Ciba Collection of Medical Illustrations.
5. Ganong, WF. 1989. **Fisiologia Médica**. 5a.ed. São Paulo, Ed. Atheneu, 679p.
6. Guyton, AC, 1988. **Fisiologia Humana**. 6ª. ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 563p.
7. Guyton, AC, 1989. **Tratado de Fisiologia Médica**. 7a.ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 830 563p.
8. Herlihy, B. & Maebius, NK. (2002). **Anatomia e Fisiologia do corpo humano saudável e enfermo**, Barueri: Ed. Manole.
9. Lent, R. (2001). Cem Bilhões de Neurônios. Conceitos Fundamentais em Neurociências, SP: Ed. Atheneu.
10. Rey, RR (2004). **Funciones Cerebrales Superes**. Facultad de Medicina - Universidad Nacional de Tucumán – Argentina. <http://www.fm.unt.edu.ar/ds/> (acessado em 31/05/2008).
11. Sobotta, 1993. **Atlas de Anatomia Humana**. 20ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan.

---

<sup>17</sup> Doença de Alzheimer: É uma doença degenerativa do encéfalo que ocorre geralmente em pessoas idosas. Essa doença é caracterizada pela perda progressiva da memória e prejuízo da função intelectual. Evidências sugerem atrofia encefálica, especialmente dos lobos frontal e temporal.