

ESTRUTURA BIOLÓGICA DO SISTEMA NERVOSO

ANA MARIA RABELO RAMALHO

META

Passar os conhecimentos teóricos acerca dos aspectos morfológicos e funcionais da estrutura celular geral do sistema nervoso dos animais, em especial dos seres humanos.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

identificar os tipos de células do tecido nervoso dos animais vertebrados (morfologia de neurônios e células da glia) e suas funções básicas;

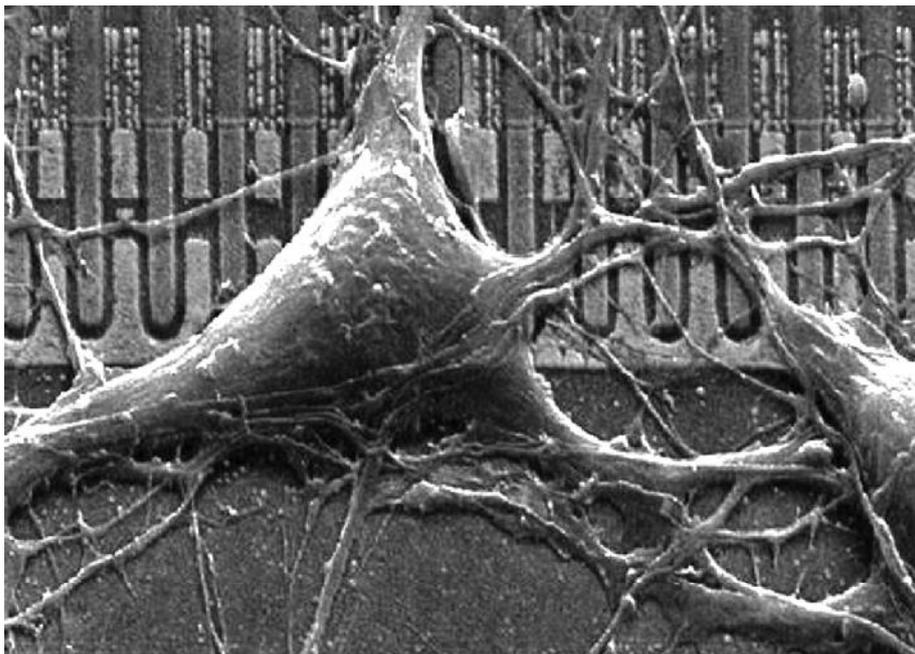
classificar anatômica e funcionalmente, no ser humano, o sistema nervoso;

identificar a disposição das células do tecido nervoso dentro do sistema nervoso central e periférico, somático e visceral;

compreender a organização e funcionamento em rede do sistema nervoso, a sua formação embrionária e os processos de desenvolvimento durante a vida intra e extra-uterina.

PRÉ-REQUISITOS

Aspectos do sistema nervoso contidos na Aula 11.



Neurônios (Fonte: <http://cnaturais9.files.wordpress.com>). Neurônios.

INTRODUÇÃO

As células do SN (sistema nervoso) são muito pequenas, encontram-se aglomeradas e apresentam consistência ge-latinosa. Para visualizá-las usam-se instrumentos de aumento – os microscópios.

No final do século XIX e início do século XX, o italiano Camillo Golgi e o espanhol Santiago Ramón y Cajal (Prêmio Nobel 1906 da Medicina) afirmaram “estar os neurônios compondo uma rede de fibras interconectadas”. Cajal estudou o tecido em embriões de galinha e concluiu que estas células são distintas, têm redes simples que vão se tornando mais complexas com o tempo (plasticidade, crescimento e desenvolvimento). Elas seriam as unidades funcionais do SN (neurônios) – hipótese neuronal, hoje universalmente aceita.

O neurônio possui três partes básicas: um corpo celular, prolongamentos ramificados (dendritos), e uma raiz principal (o axônio). Os dendritos são múltiplos e o axônio único.

O segundo tipo celular do SN é um tipo de célula chamada neuroglia (glia, do grego, cola). Ela oferece sustentação, união, proteção e suporte aos neurônios.

O SN humano tem cerca de 100 bilhões de neurônios e um número 10 vezes maior de células gliais (número estimado).

Explicar como 100 bilhões de células trabalham em conjunto, estabelecem conexões e organizam comportamentos não é uma tarefa fácil. As generalizações são importantes nesta compreensão.

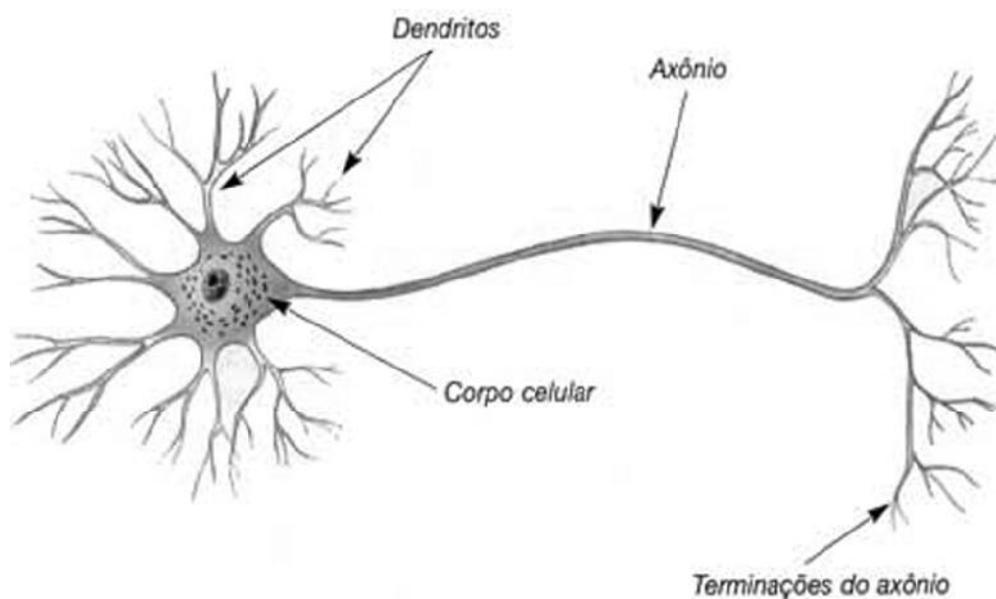


Figura 08. Esquema de um neurônio tipo multipolar motor (Fonte:<http://images.google.com.br>).

FILOGÊNESE

Na filogênese pode-se ver a relação evolucionária dos 15 filos animais com a evolução do SN a partir de uma REDE

NERVOSA muito simples e dispersa, sem cérebro, encontrada na anêmona-do-mar.

Depois é visto um TRONCO NERVOSO SEGMENTADO ou uma organização bilateral e simétrica nos platelmintos (SN Segmentado) e GÂNGLIOS – estruturas que lembram o funcionamento do cérebro, em lulas.

Finalmente, após passar por anelídeos, insetos, ostras e estrelas do mar, chega-se à estrutura do cérebro (nos agnathas), onde existe encéfalo e medula espinal. Ainda muito pequeno, vai aumentando proporcionalmente o tamanho nas lampreias, tubarões, raias, peixes ósseos, anfíbios, répteis, até aves/mamíferos (na classe dos cordados), com o desenvolvimento dos membros nos anfíbios e grandes cérebros em aves e mamíferos.

EMBRIOGÊNESE

No momento em que um óvulo é fertilizado por um espermatozóide (gametas feminino e masculino), o zigoto humano é feito uma única célula com o material gênico de ambos.

Mas logo ela começa a se dividir e no 15º dia o embrião se assemelha a um ovo frito, constituído de várias camadas de células com uma área saliente central – o disco embrionário. A saliência é o corpo primitivo.

Com 3 semanas da fecundação existe um tecido nervoso conhecido como PLACA NEURAL que é parte da camada mais externa de células embrionárias (ectoderma). Esta placa se dobra para formar um sulco (sulco neural), da porção mais central para as extremidades.

Forma-se um tubo neural com o fechamento das bordas do sulco. Numa das extremidades formam-se as vesículas primordiais que irão formar o encéfalo, enquanto o tubo neural primitivo formará a medula espinal.

E da cavidade interna do tubo neural surgirão os ventrículos cerebrais no encéfalo e o canal central espinal. O corpo e o SN se alteram muito com mais três semanas. Na 7ª semana, 49 dias, o embrião se assemelha a uma pessoa em miniatura.

No desenvolvimento pré-natal, o encéfalo passa por uma série de estágios embrionários (até três meses) e fetais. Com 25 dias temos as vesículas primordiais se curvando; aos 40, as vesículas telencefálica e diencefálica definidas, com a primeira se dividindo em hemisférios cerebrais. Com 50 dias os hemisférios já cobrem o diencéfalo (tálamo) e todo o encéfalo, está pronto em sua forma básica, com 100 dias. A superfície ainda é lisa e o cerebelo já começou sua formação no 50º dia.

Com cinco meses aparece o sulco lateral, com 8 meses o sulco central e início de outros em todo o hemisfério; a ínsula é uma área frontal inferior. Neste último mês ela vai ser encoberta pelo crescimento dos lobos frontal, parietal e temporal e há um crescimento dos giros e sulcos no córtex cerebral e dos sulcos no cerebelo (pronuncia “lóbus”).

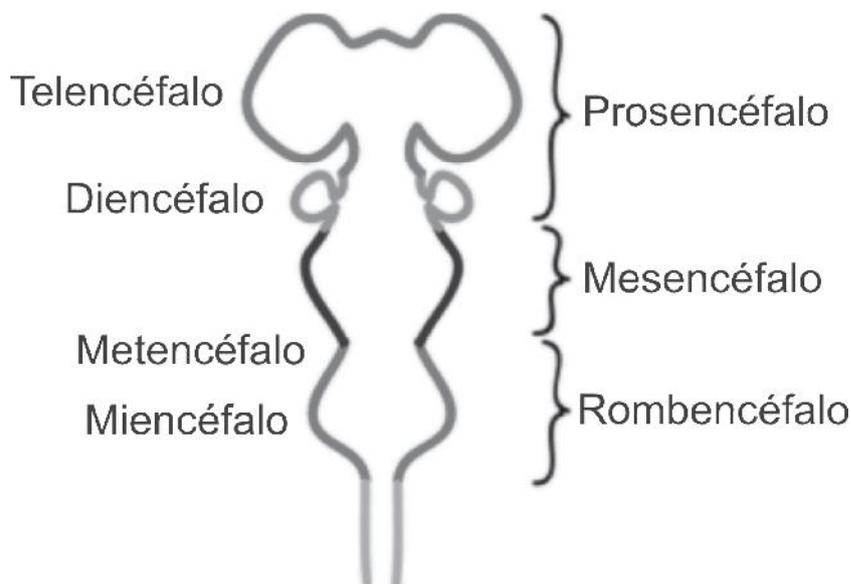


Figura 09 - Encéfalo primitivo humano.

Por volta dos 60 dias, a testosterona dos embriões masculinos começa a desenvolver uma estrutura masculina, na diferenciação embrionária. Na ausência deste hormônio testicular a estrutura feminina se desenvolve. Alterações paralelas ocorrem no SNC em resposta à presença ou não desta substância química – o dimorfismo sexual.

Das células indiferenciadas das paredes do tubo neural surgem dois tipos celulares: neuroblastos e glioblastos, que se especializarão com a diferenciação em neurônios e neuroglia (e em seus vários tipos).

Nascem cerca de 250 mil neurônios por minuto no pico do desenvolvimento neural central (NEUROGÊNESE E GLIOGÊNESE).

Nas etapas seguintes há um processo de MIGRAÇÃO dos neurônios para posições específicas e a DIFERENCIAÇÃO celular (tipo).

A MATURAÇÃO vem em seguida, com crescimento de dendritos e axônios, para formar sinapses (SINAPTOGÊNESE). Aqueles neurônios que não engajam (competição ou darwinismo neural) no sistema sofrem uma MORTE CELULAR (apoptose) e as sinapses desnecessárias desaparecem.

Por fim, ocorre a MIELINOGENESE (formação de MIELINA nos axônios, bainha que aumenta a velocidade do impulso, ou eficiência da célula).

A eliminação da sinapse é bastante extensa, cerca de 42%. Este é um processo também de eliminação de excessos, do desnecessário. Os sinais são genéticos, a experiência, os hormônios da reprodução e o estresse.

A mielinização também progride no córtex humano, iniciando-se logo após o parto, e prosseguindo até os 18 anos de idade. As áreas de maturação precoce controlam movimentos mais simples e análises sensoriais, enquanto as tardias controlam as funções mentais mais complexas – área pré-frontal, temporoparietal e temporal inferior (sistema límbico).

Segundo os estágios do Desenvolvimento Cognitivo do suíço Jean Piaget, que no século XX estudou crianças pela forma como elas viam o mundo: do nascimento a 18 – 24 meses, o estágio é sensório-motor (sensações e ações). De 2 a 6 anos, é o Pré-operacional, com o desenvolvimento da linguagem, palavras e imagens, mas sem o raciocínio lógico. Entre 7 e 11 anos, o Estágio operacional concreto – quando pensam de maneira lógica sobre eventos concretos, compreendem estas analogias e executam operações matemáticas. E o último, o operacional formal, de 12 anos em diante, quando raciocina de modo abstrato, potencial para a moral amadurecido.

TIPOS DE NEURÔNIOS

O neurônio funciona como um dispositivo que coleta informações e toma decisões, levando-as ao seu axônio (resposta média ou sintetizada). Ele também armazena dados, podendo mudar sua resposta. O botão terminal e uma espinha dendrítica adjacente fazem a conexão. O espaço entre eles chama-se sinapse.

São vários os tipos, com diferentes formatos e tamanhos. O mais simples é o bipolar. O sensorial é o mais complexo, pseudounipolar (dendrito se continua diretamente ao axônio). Os interneurônios de associação podem ser estrelados ou piramidais. O motor é multipolar.

A estrutura fala pela sua função. Se o corpo celular é grande, seus prolongamentos são longos e vice-versa (fornecimento de nutrientes a axônios e dendritos).

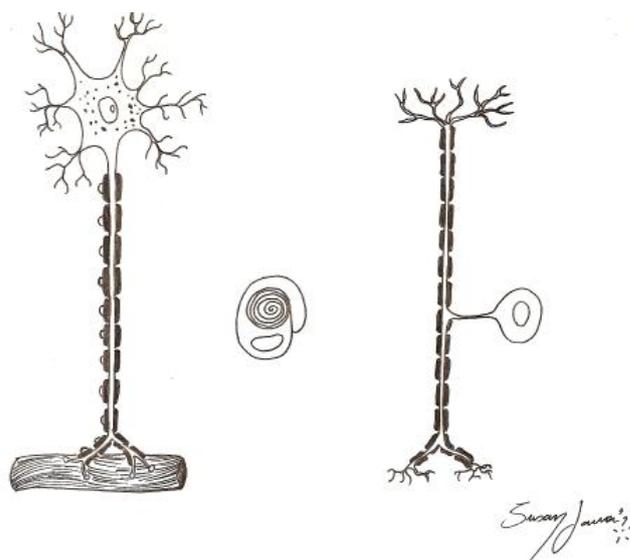


Figura 10. Tipos de neurônios: A - Neurônio motor; B - Neurônio sensitivo.

De acordo com as funções básicas os neurônios são classificados em 3 grupos: sensoriais, interneurônios (associação de atividades sensorial e motora) e motores. O crescimento do cérebro se dá pelo número de encefalização, ou de neurônios do SN Central (encéfalo e medula espinal). Um axônio longo pode estar ligado a um dendrito longo – estrada de longas distâncias (pseudounipolar).

Os neurônios precisam se comunicar uns com os outros, para que as informações possam ser transmitidas. As sinapses foram vistas na microscopia eletrônica na década de 1950. Além da fenda, substâncias químicas foram encontradas nos botões terminais dos neurônios o que sugeriu uma mensagem química, um neurotransmissor (sinapses químicas).

As espinhas dendríticas são os pontos de sinapses, que podem variar de centenas a milhares, dependendo do tipo. Pode haver colaterais recorrentes.

A linguagem dos neurônios: excitação e inibição de outros neurônios: sinais de sim ou não, em geral estimulada por neurotransmissores químicos que encontram seus correspondentes receptores protéicos na membrana pós-sináptica. Eles somam as entradas e serão estimulados a agir (gerar um potencial de ação de membrana celular) se os sinais (excitações) excederem os sinais (inibições).

TIPOS DE CÉLULAS DA GLIA

Elas auxiliam os neurônios na realização de suas tarefas. Estão sempre sendo substituídas – se descontrolado, seu crescimento forma tumores chamados gliomas.

São seis os principais tipos e cada um apresenta características especiais morfofuncionais:

1. Célula ependimária – pequena e ovóide, ela secreta o líquido cefalorraquiano (LCR ou Líquor);
2. Astrócito – formato de estrela, simétrica; funções: nutrição e sustentação; pés vasculares;
3. Micróglia – pequena, de origem mesodérmica; função: defesa;
4. Oligodendroglia – assimétrica, forma mielina nos axônios do SNC (encéfalo e medula espinal);
5. Célula de Schwann – assimétrica, ela envolve nervos periféricos para formar bainha de mielina (isolamento que aumenta a velocidade do impulso nervoso). A bainha falta na maioria das fibras pós-ganglionares do sistema visceral. Reparo de lesões – recuperação do axônio;
6. Anfícitos ou células satélites em gânglios, no SNP (periférico).

O potencial de ação é uma alteração breve, mas extremamente grande, na polaridade da membrana celular de um axônio, com duração de milissegundos – ocorre quando o estímulo elétrico chega a determinado limiar de excitabilidade.

A atividade de cargas iônicas através da membrana a torna polarizada e sua despolarização pode chegar ao potencial de ação para a transmissão do impulso nervoso através da membrana do axônio, somente medido na metade do século XX.

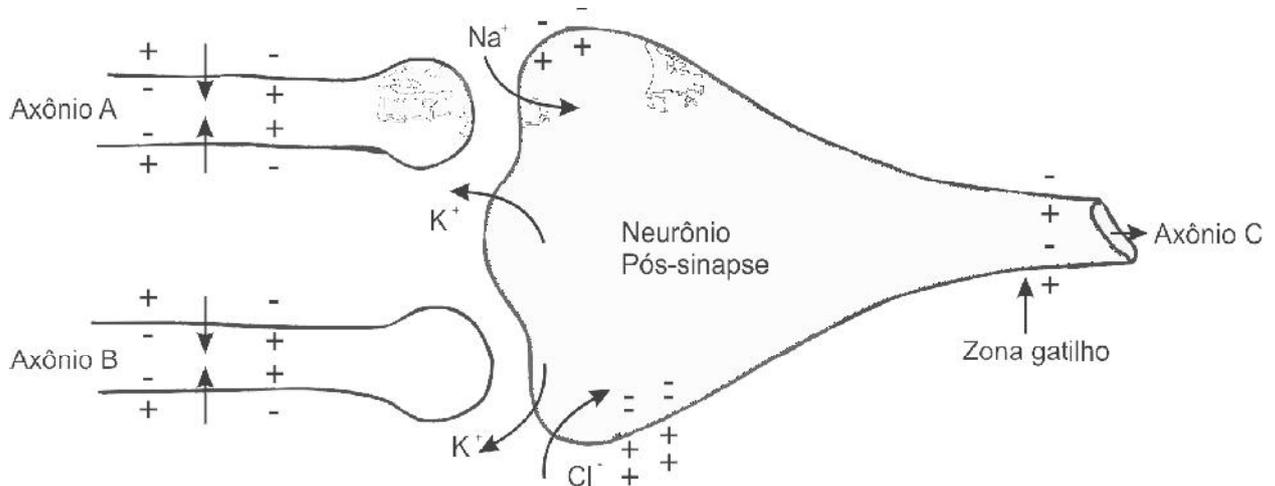


Figura 11. Esquema de potenciais de ação desencadeados por sinapse excitatória (A) e inibitória (B).

No neurônio em repouso, a membrana está polarizada com carga negativa intracelular (média de -70milivolts). Canais e bombas iônicas são estruturas moleculares protéicas das membranas celulares. O potencial de ação é propagado na membrana de um axônio e se este é mielinizado (possui bainha de mielina), a condução é saltatória (mais veloz), salta de um nódulo de Ranvier (área desnuda de mielina) para outro.

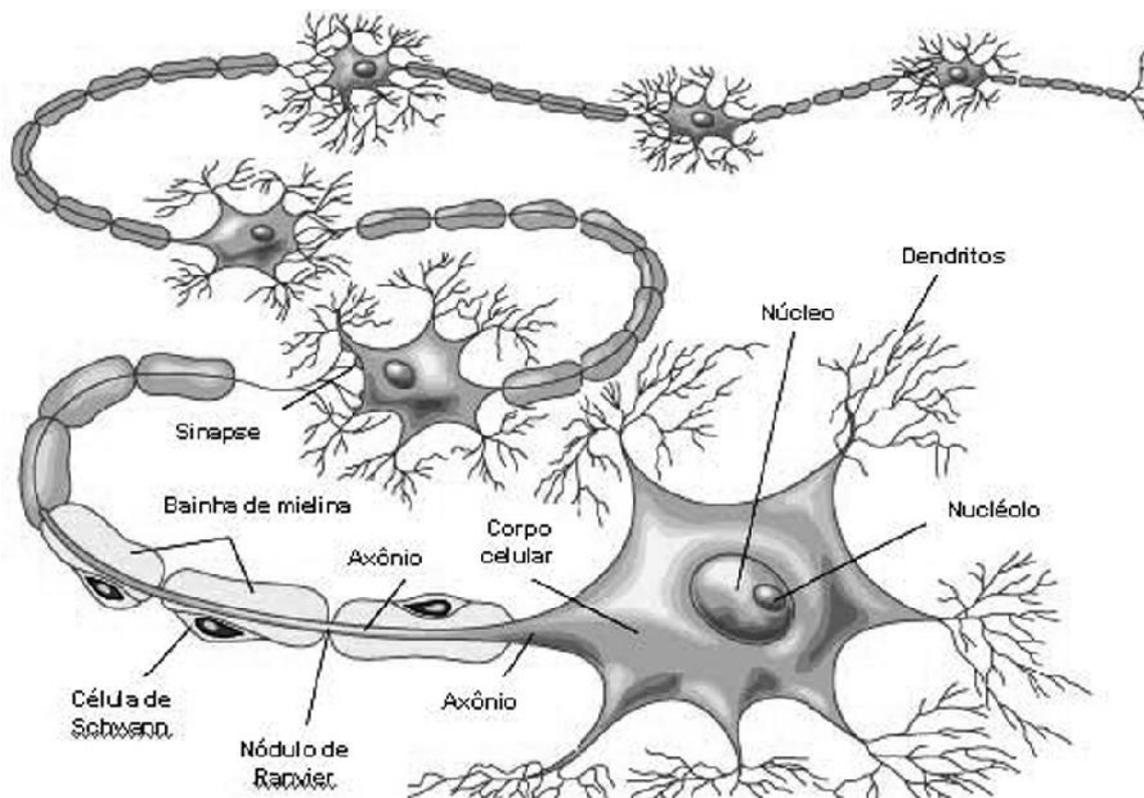
A forma como um estímulo sensorial inicia um impulso nervoso no neurônio sensorial (receptores) é semelhante em todos os sistemas sensoriais. A membrana da célula receptora contém um mecanismo para transformar a energia sensorial em alterações dos canais iônicos – permitem o fluxo de íons e alteram a voltagem da membrana, até que canais sensíveis se abram, iniciando o impulso nervoso.

A contração muscular também depende de canais iônicos. A terminação axônica de um neurônio motor libera um transmissor químico, a acetilcolina, na placa terminal da membrana de uma célula muscular. Os canais sensíveis ao transmissor na placa se abrem em resposta e o fluxo de íons despolariza a membrana do músculo até o limiar de seu potencial de ação. Esta despolarização ativa canais vizinhos sensíveis à voltagem, produzindo potencial de ação na fibra muscular que gera a contração do músculo (processos intracelulares).

A atividade elétrica do cérebro pode ser registrada colocando-se eletrodos no crânio para obter um eletroencefalograma. Essa atividade nunca cessa, mesmo sob anestesia e padrões diferentes identificam diferentes comportamentos, mediante estímulos distintos (som – luz) com localização de áreas de maior atividade.

Mais de 100 neurotransmissores são utilizados no SN, associados a receptores na membrana pós-sináptica excitatórios (ionotrópicos) e inibitórios (metabotrópicos).

Cada terminação axônica pode conter mais de um tipo de neurotransmissor e é identificada pelo principal. Pequena molécula: acetilcolina, aminas e aminoácidos; peptídeos: encefalinas (opióides), neurohipofisários, secretinas, insulinas, gastrinas, somatostatinas (pancreática); e gases: óxido nítrico (NO) e monóxido de carbono (CO).



(Fonte: <http://www.santalucia.com.br>).

CONCLUSÃO

Os seres vivos devem continuamente se ajustar ao meio ambiente para sobreviver. Para isso desenvolveram a irritabilidade, a condutibilidade e a contratibilidade em suas células. A irritabilidade é a capacidade de detectar mudanças do meio, reagindo a ele para se adaptar (conduz a informação para os elementos da reação). Nos seres pluricelulares estas características foram sendo tomadas por células diferenciadas (os neurônios) para a irritabilidade e condutibilidade; os músculos e glândulas para a contratibilidade e secreção de substâncias. Estes músculos começaram a ocupar posição mais profunda, surgindo células intermediárias para esta ligação - os primeiros neurônios, nos celenterados, chamados de sensitivos. Depois eles se multiplicaram

para atender a comportamentos mais complexos: surgiram os motores e os de associação. Estes últimos se centralizaram e formaram o sistema nervoso central, aumentando o número de sinapses e a complexidade da resposta. Este aumento foi maior numa das extremidades - especializada para a exploração do ambiente - o encéfalo, que atingiu seu máximo de desenvolvimento na espécie humana (Machado, 1998).

RESUMO

O SN humano tem cerca de 100 bilhões de neurônios e um número 10 vezes maior de células gliais (número estimado).

Explicar como 100 bilhões de células trabalham em conjunto, estabelecem conexões e organizam comportamentos não é uma tarefa fácil. As generalizações são importantes nesta compreensão, porém nem sempre condizem com a realidade.

Como unidades de informação do cérebro, os neurônios precisam desempenhar muitas tarefas:

- devem adquirir informações a partir de receptores sensoriais (SENSITIVOS);
- passá-las adiante para outros neurônios (DE ASSOCIAÇÃO);
- até desencadear uma resposta – um movimento ou uma secreção de músculos/glândulas de um comportamento expresso (MOTORES);
- cabe a eles também guardar as instruções do nosso comportamento – codificar as memórias - e originar nossos pensamentos e emoções (funções psíquicas superiores, no cérebro, neurônios DE ASSOCIAÇÃO);
- ao mesmo tempo é necessário regular todos os vários processos do organismo – como respiração, batimentos cardíacos, temperatura corporal e ciclo sono-vigília (no encéfalo, DE ASSOCIAÇÃO).

A maioria dos cientistas acredita que os neurônios trabalham juntos em grupos de centenas a milhares para produzir determinada função. Os neurônios trabalham em redes. Não têm uma estrutura estática e sim dinâmica, crescimento contínuo, encolhendo e mudando seu formato (resultam da codificação e armazenamento de nossas experiências e memórias) de acordo com sua estimulação.

Esta propriedade chama-se PLASTICIDADE.

Outra característica é a LONGEVIDADE. A maioria deles nunca é substituída. A capacidade de substituição numa lesão é muito pequena e restrita a algumas áreas (pesquisas ao final do século XX), na espécie humana.

Durante seu desenvolvimento o SN sofre influências ambientais, lesões, alterações hormonais, além das genéticas; possui, portanto, plasticidade – sendo moldado pelas experiências. Existem períodos críticos quando diferentes partes do SN são sensíveis a experiências diversas. Os dois primeiros anos são essenciais. Se estes fatores forem anormais, o desenvolvimento também o será, levando a distúrbios mentais como retardo ou doenças como a esquizofrenia.



REFERÊNCIAS

- BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO Michael A., **Neurociências, desvendando o Sistema Nervoso**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- CROSSMAN, A. R.; NEARY, D. **Neuroanatomia – Um texto ilustrado em cores**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- KIERNAN, John A. **Neuroanatomia Humana de Barr**. 7 ed. Rio de Janeiro: Manole, 2003.
- KOLB Bryan; WHISHAW, Ian Q. **Neurociência do comportamento**. Rio de Janeiro: Manole, 2002.
- MACHADO, Angelo. **Neuroanatomia Funcional**. 2 ed. São Paulo: Ed Atheneu, 1998.
- MARTIN, John H. **Neuroanatomia – Texto e Atlas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- MENESES, M. S. **Neuroanatomia Aplicada**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
- NETTER, Frank H. **Atlas de Anatomia Humana**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.