

Aula 8

TECIDO NERVOSO

META

Apresentar o tecido nervoso descrevendo sua divisão anatômica e funcional, e os tipos celulares que o compõe.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- Aprender a distinção dos sistemas nervosos quanto à classificação morfológica;
- Aprender a distinção dos sistemas nervosos quanto à divisão funcional;
- Reconhecer os diferentes tipos de células nervosas;

PRÉ-REQUISITO

Antes de iniciar o estudo do tecido nervoso, faça uma leitura sobre potencial de membrana e controle do sistema nervoso autônomo em um livro de fisiologia humana.

Elizabeth Ting

INTRODUÇÃO

O tecido nervoso está distribuído em uma rede vasta e complexa de comunicações por todo o organismo formando o sistema nervoso. O sistema nervoso é o centro de controle de todas as funções de um organismo, sendo anatomicamente dividido em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP). E de acordo com a função está dividido em sistema nervoso somático (SNS) e sistema nervoso autônomo (SNA).

Basicamente o tecido nervoso é formado por dois tipos principais de células: os neurônios e as células de sustentação. Os neurônios são os responsáveis pela transmissão de informações, capazes de receber um estímulo de outras células e transmitir a informação (impulso nervoso) para um neurônio subsequente ou à célula efetora. O fenômeno da transmissão do impulso nervoso de um neurônio a outro se chama sinapse. Já as células de sustentação não são condutoras de impulso nervoso e ficam justapostas aos neurônios, no SNC, são as células da neuroglia (oligodendrócitos, astrócitos, micróglia e células ependimárias), e no SNP encontramos as células de Schwann e as células-satélites.

DIVISÃO DO SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso está dividido anatomicamente em:

- Sistema nervoso central (SNC): consiste no cérebro e na medula espinhal;
- Sistema nervoso periférico (SNP): constituído pelos nervos cranianos, nervos espinhais e nervos periféricos que conduzem o impulso do SNC para órgãos efetores (as fibras eferentes ou motores) e deles para o SNC (fibras aferentes ou sensoriais). Fazem parte também, os gânglios nervosos (conjunto de corpos celulares de neurônios fora do SNC) e as terminações nervosas especializadas (motoras e sensitivas).

Já o sistema nervoso quanto à função, está dividido em:

- Sistema nervoso somático (SNS): formado pelas partes somáticas do SNC e do SNP que formam as inervações motoras e sensitivas de todas as partes do corpo com exceção das vísceras, do músculo liso e das glândulas;
- Sistema nervoso autônomo (SNA): consiste nas partes autonômicas do SNC e SNP, são responsáveis pela inervação eferente motora involuntária do músculo liso, do sistema de condução cardíaca e às glândulas (tanto induzir mais ou menos produção de produto de secreção, bem como induzir ou inibir a sua secreção). Além disso, também faz parte dessa divisão a inervação aferente sensorial das vísceras (dor e reflexos autonômicos).

O SNA é ainda subdividido em simpático e parassimpático e uma terceira divisão para o canal alimentar que seria o entérico (leia mais sobre o sistema nervoso autônomo da página 347 a 351 do capítulo 12 do livro “Histologia – Texto e Atlas” de ROSS & PAWLINA, 2008).

COMPOSIÇÃO DO TECIDO NERVOSO

- O tecido nervoso é composto por dois tipos principais de células:
- Neurônios: são as unidades funcionais do sistema nervoso, caracterizadas morfológicamente por três estruturas básicas (corpo celular, dendritos e axônio). O neurônio é uma célula capaz de receber estímulo vindo de outra célula e de então, conduzir impulsos através do seu corpo a outras partes do sistema através de seus prolongamentos (axônio).
 - Células de sustentação: são células adjacentes a neurônios, incapazes de transmitir impulsos nervosos, que tem função de proteção para processos neuronais delicados, isolamento elétrico dos corpos celulares e prolongamentos nervosos, e a manutenção de metabólitos entre o sistema vascular e os neurônios do sistema nervoso.

NEURÔNIO

Os neurônios estão presentes no sistema nervoso humano em um número superior a dez bilhões, sua forma básica compõe de um corpo celular e prolongamentos (dendritos e axônio). Apesar de apresentarem uma grande variação em formas e tamanhos, eles estão distribuídos em três categorias:

- Neurônios sensoriais: são os neurônios que transmitem os impulsos nervosos de receptores periféricos ao SNC. São as fibras aferentes somáticas (fibras que transmitem as sensações de dor, tato, pressão e temperatura a partir das superfícies corporais, como também as sensações proprioceptivas) e as fibras aferentes viscerais (fibras que transmitem impulsos de dor e outras sensações da membrana da mucosa, glândulas e vasos sanguíneos) (Fig. 8A).
- Neurônios motores: são os neurônios que transmitem impulsos nervosos do SNC ou dos gânglios para as células efectoras musculares esqueléticas (inclui-se fibras eferentes somáticas) ou para as células efectoras musculares lisas, células de condução cardíaca (fibras de Purkinje) e glândulas (incluem-se fibras eferentes viscerais) (Fig. 8A).
- Interneurônios: são também chamados de neurônios intercalares, cerca de 99,9% de todos os neurônios pertencem à essa classe, são os neurônios que interligam a rede de comunicação entre os neurônios sensoriais e os neurônios motores (Fig. 8A).

Além de serem classificados por categorias, os neurônios também são classificados pelo número de prolongamentos que se estendem a partir do corpo celular em:

- Neurônios multipolares: possuem um axônio único e dois ou mais dendritos, como por exemplo, os neurônios motores e os interneurônios (Fig. 8A).
- Neurônios bipolares: possuem um axônio e um dendrito, restringem-se à retina e aos gânglios do nervo vestibulococlear da orelha, são os neurônios

associados aos receptores para sentidos especiais (paladar, olfato, audição, visão e equilíbrio) (Fig. 8A).

- Neurônios unipolares (ou pseudo-unipolares): possuem um axônio que se divide próximo do corpo celular em dois prolongamentos longos, a maioria desse tipo de neurônio encontra-se no gânglio da raiz dorsal próximo do SNC (medula espinal) (Fig. 8A).

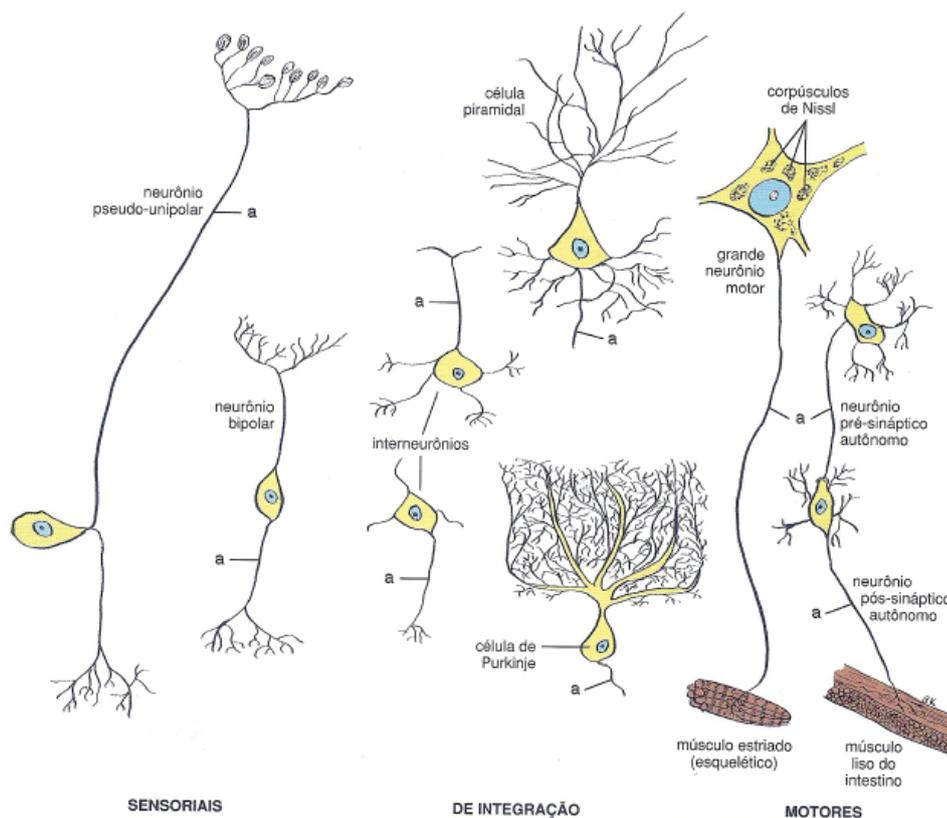


Figura 8A: Desenho esquemático ilustrando os diferentes tipos de neurônios. Os corpos celulares dos neurônios pseudo-unipolares (unipolares), bipolares e pós-sinápticos autônomos se localizam fora do SNC. Os neurônios de integração se restringem ao SNC. a: axônio. Fonte: ROSS & PAWLINA, 2008, p.324.

CORPO CELULAR

O corpo celular ou pericário do neurônio é o centro metabólico desta célula, contém um grande núcleo com um nucléolo proeminente e também contém a maioria das organelas. O retículo endoplasmático rugoso (RER) é uma das organelas que está em grande quantidade e em microscopia ótica comum pode ser visto como pequenos corpúsculos corados ao redor do núcleo, que recebem o nome de corpúsculos de Nissl (Fig. 8B). O citoplasma perinuclear, além de apresentar uma riqueza em RER, também possui o aparelho de Golgi de forma proeminente, numerosas mitocôndrias e lisossomos, tudo isso indicando o alto nível de atividade anabólica.

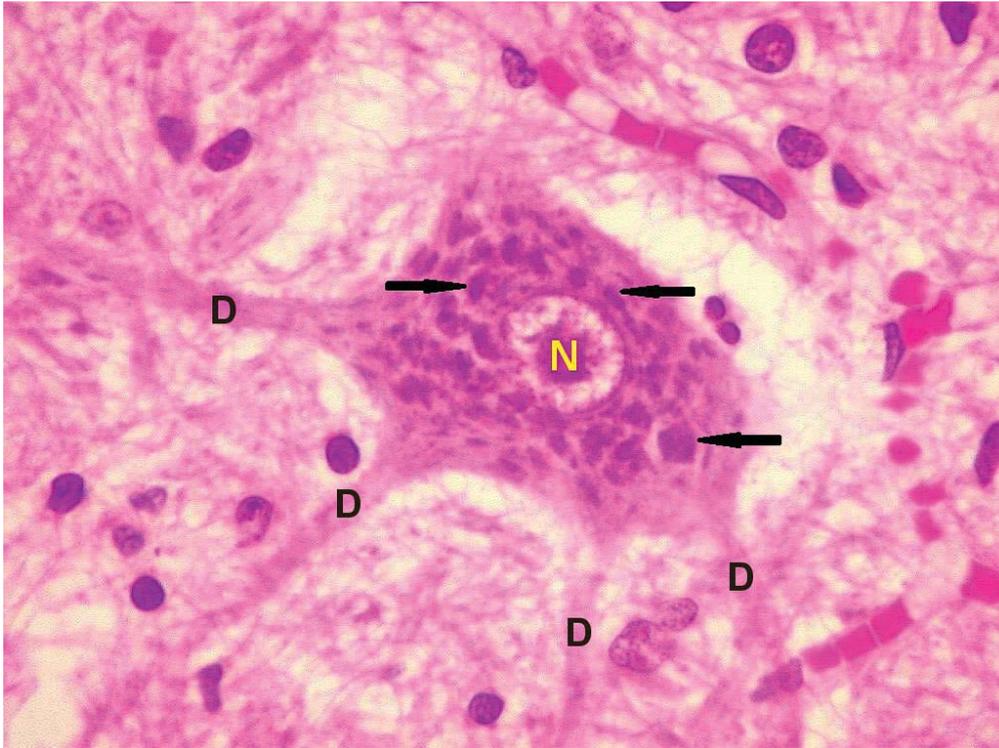


Figura 8B: Fotomicrografia de um neurônio motor em corte histológico de medula espinal. Note as incrustações coradas no citoplasma ao redor do núcleo (N) que são os corpúsculos de Nissl (RER) (setas) e a presença de diversas projeções citoplasmáticas saindo do corpo celular, os dendritos (D).
Fonte: <http://anatpat.unicamp.br/lamneuro2.html>

O aparelho de Golgi, RER e ribossomos livres eventualmente podem se estender até os dendritos, porém não se estendem ao axônio, no qual encontra-se o cone axonal ou cone de implantação.

DENDRITOS E AXÔNIOS

Os dendritos são prolongamentos da membrana plasmática neuronal com função de receber informação proveniente de outros neurônios ou do ambiente externo e passar essas informações ao corpo celular. Geralmente são prolongamentos com diâmetro maior que o do axônio, não são mielinizados e formam grandes ramificações chamados de árvore dendrítica. Várias das organelas encontradas no corpo celular neuronal também podem ser encontradas no citoplasma da região dendrítica como ribossomos livres e RER.

Os axônios são prolongamentos efetores que tem função de transmitir as informações do corpo celular para o próximo neurônio ou a uma célula efetora. Cada neurônio possui um único axônio que pode ter ramificações, geralmente na região terminal e eventualmente um ramo recorrente próximo ao corpo celular. A região que divide o final do corpo celular (onde está o cone de implantação) e o axônio é chamada de segmento inicial do axônio, essa também é a região onde a bainha de mielina começa a envolver o axônio, e é o ponto que ocorrerá a geração do potencial de ação.

SINAPSES

As sinapses são os locais de contato entre os neurônios ou entre neurônios e outras células efetoras. A função das sinapses é transformar, no neurônio pré-sináptico, o sinal elétrico em um sinal químico (sinapse química) que atua sobre a célula pós-sináptica.

Esse sinal químico são os neurotransmissores, substâncias que quando liberadas na fenda sináptica (espaço entre um neurônio pré-sináptico e o pós-sináptico ou entre um pré-sináptico e a célula efetora), irão se ligar a receptores presentes na célula pós-sináptica. A ligação de um neurotransmissor ao seu receptor na célula pós-sináptica deverá induzir a abertura ou fechamento de determinados canais iônicos ou induzir a liberação de uma cascata de eventos via segundos mensageiros (leia mais sobre neurotransmissores da página 330 a 332 do capítulo 12 do livro “Histologia – Texto e Atlas” de ROSS & PAWLINA, 2008).

Existem também sinapses elétricas que são as encontradas nos neurônios de peixes, por exemplo, que se fazem através de junções comunicantes entre as células e há ocorrência do trânsito de íons de uma célula a outra, de maneira que ocorre uma disseminação do impulso nervoso quase que simultaneamente de uma célula a outra. Em mamíferos, o que equivale a esse tipo de sinapse são as transmissões de informação de uma célula a outra encontrada no músculo cardíaco e no músculo liso.

As sinapses podem ser classificadas ainda de acordo com a localização da fenda sináptica no neurônio pós-sináptico (Fig. 8C), sendo elas:

- Sinapse axossomática: terminal axônico em contato com o corpo celular do neurônio pós-sináptico;
- Sinapse axodendrítica: terminal axônico em contato com os dendritos do neurônio pós-sináptico;
- Sinapse axoaxônica: terminal axônico em contato com o axônio do neurônio pós-sináptico.

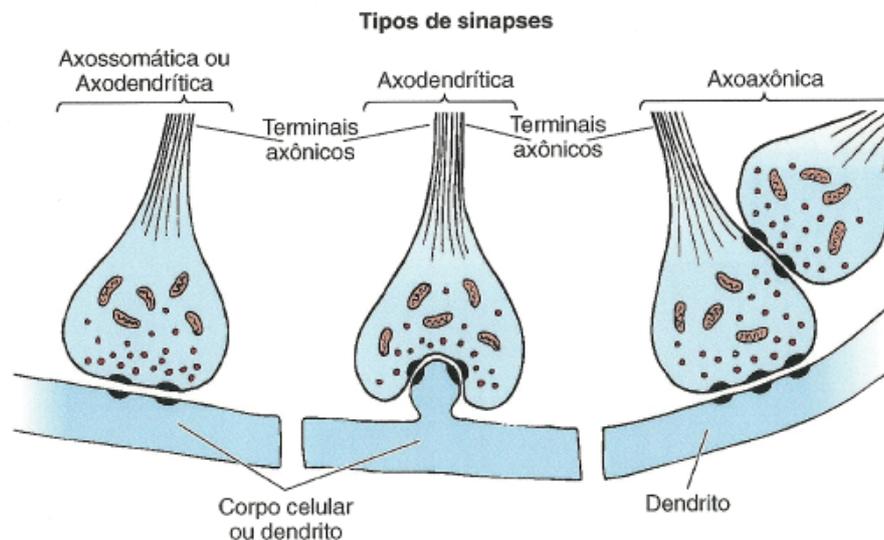


Figura 8C: Desenho ilustrativo de tipos de sinapses. Os terminais axônicos geralmente transmitem os impulsos nervosos para dendritos ou para corpos celulares, porém embora com menor frequência, podem estabelecer sinapses com outros axônios. Fonte: JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008, p.160.

CÉLULAS DE SUSTENTAÇÃO DO SISTEMA NERVOSO

Células de sustentação são todas as outras células do tecido nervoso que não realizam transmissão de impulsos nervosos, exercendo as funções de sustentação e isolamento elétrico (células de Schwann, oligodendrócitos e células-satélites), manutenção metabólica (astrócitos), revestimento de cavidades e manutenção hídrico-osmótica (células ependimárias) e defesa (microglia).

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

No sistema nervoso periférico, as células de Schwann são as responsáveis pela sustentação dos axônios neuronais tanto nas fibras mielinizadas como nas não mielinizadas. Nas fibras mielinizadas, as células de Schwann produzem grande quantidade de lipídeos formando a bainha de mielina (Fig. 8D), cuja função principal é permitir uma condução rápida dos impulsos nervosos além de isolar o axônio do compartimento extracelular em torno do endoneuro. São responsáveis também por direcionar o novo crescimento do axônio (nas lesões) e ajudam na limpeza de restos celulares.

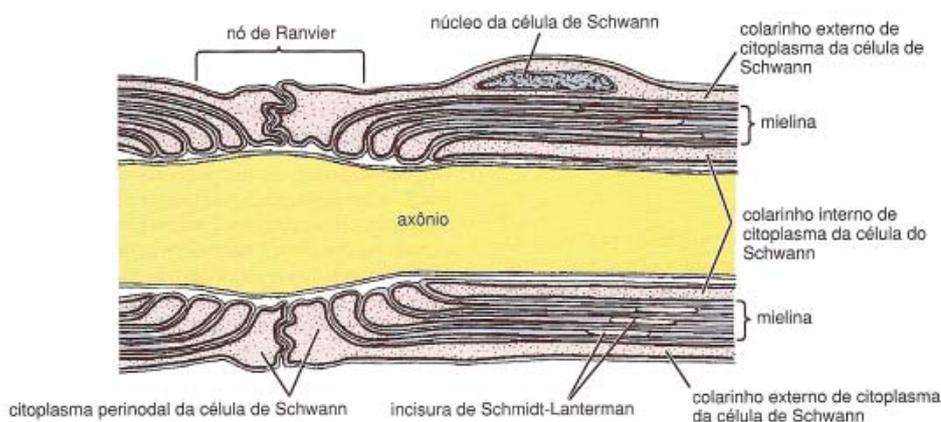


Figura 8D: Desenho esquemático ilustrando um axônio e suas bainhas de revestimento. O esquema mostra um corte longitudinal do axônio e suas relações com a mielina, o citoplasma da célula de Schwann e o nó de Ranvier. O citoplasma da célula de Schwann está presente em quatro locais. São eles: (1) o colarinho citoplasmático interno e (2) o colarinho citoplasmático externo da célula de Schwann, (3) os nós e (4) as incisuras de Schmidt-Lanterman. Veja que o citoplasma é contínuo em toda a extensão da célula de Schwann; ele não é uma série de ilhotas citoplasmáticas. O nó de Ranvier é o local em que sucessivas células de Schwann se encontram. As membranas plasmáticas adjacentes não estão firmemente justapostas no nó e o líquido extracelular tem livre acesso à membrana plasmática neuronal. Assim também, o nó é o local da despolarização da membrana plasmática neuronal durante a transmissão de impulsos nervosos. Fonte: ROSS & PAWLINA, 2008, p.336.

As células-satélites são pequenas células cuboidais que circundam os pericários dos gânglios. Nos gânglios paravertebrais e periféricos, onde existem sinapses, os axônios dos neurônios pré-sinápticos têm que penetrar por entre as células-satélites para estabelecer as sinapses. A função das células-satélites é promover um microambiente de estabilidade controlada em torno do corpo celular no gânglio, a diferença da célula-satélite em relação à célula de Schwann está na ausência de produção de lipídeos por células-satélites.

SISTEMA NERVOSO CENTRAL

No sistema nervoso central, os oligodendrócitos são as células responsáveis por formar a bainha de mielina encontrada nos axônios das células nervosas, um único oligodendrócito pode emitir vários prolongamentos em forma de língua e envolver vários axônios, mielinizando assim vários neurônios ao mesmo tempo. O núcleo do oligodendrócito, dessa maneira, pode ficar a certa distância das fibras as quais ele mielinizou. Na microscopia ótica de luz e em coloração de H.E., pode ser visto apenas o seu núcleo desta célula na forma esférica e densa (Fig. 8E).

Os astrócitos são as maiores células da neuroglia, formam rede de células no SNC com função de sustentação e modulação de diversas atividades, para tanto, sempre apresentam um “pé” (prolongamento) apoiado sobre um capilar sanguíneo. Apresentam núcleo na forma esférica, porém mais clara do que o núcleo do oligodendrócito (Fig. 8E). Em colorações específicas por impregnações metálicas, por exemplo, é possível visualizar seus prolongamentos citoplasmáticos (Fig. 8F), sendo possível distinguir os dois tipos de astrócitos (protoplasmático e fibroso). O astrócito protoplasmático possui grande quantidade de prolongamentos citoplasmáticos, porém curtos, encontrados em maior número na substância cinzenta. Já o astrócito fibroso possui prolongamentos mais grossos, retos e em menor número, são encontrados principalmente na substância branca.

A micróglia é uma célula que possui atividade fagocitária, constituindo cerca de 5% das células gliais, entretanto é capaz de proliferar e tornar-se ativa nas regiões de lesão ou doença. São consideradas também participantes do sistema fagocitário mononuclear, pois ela vem da mesma célula progenitora de monócito na medula óssea. Em cortes histológicos com coloração HE, aparece seu núcleo em forma de vírgula ou alongados, com coloração bem densa (Fig. 8E).

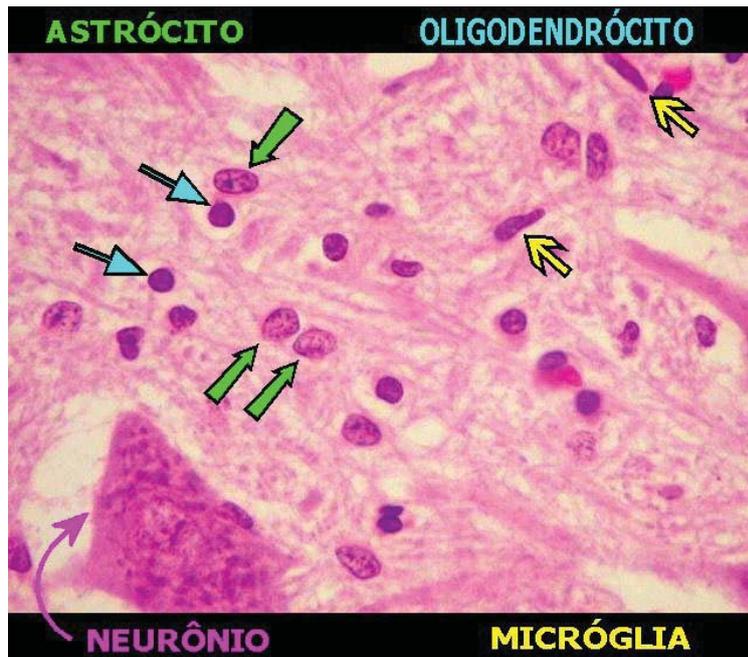


Figura 8E: Fotomicrografia de células de sustentação em um corte histológico de medula espinhal. Os oligodendrócitos (setas azuis) apresentam núcleos esféricos e bem densos. Nos astrócitos (setas verdes), os núcleos apresentam-se maiores que as outras células de sustentação e são menos densos. As micróglias (setas amarelas) possuem núcleos em forma de vírgula ou alongados. O corpo celular do neurônio motor (seta rosa) apresenta diversos corpúsculos de Nissl. Fonte: <http://anatpat.unicamp.br/lamneuro2.html>.

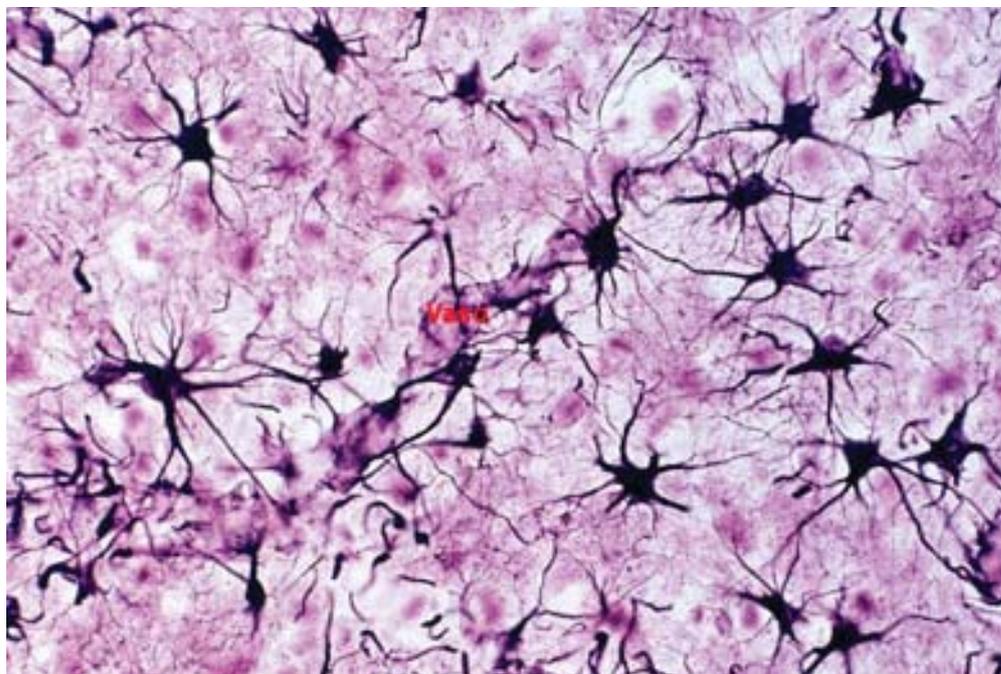


Figura 8F: Fotomicrografia de corte histológico de substância branca com coloração por técnica de impregnação metálica (sublimado-ouro de cajal). Observe que os astrócitos (fibrosos) apresentam sempre um prolongamento apoiado no vaso sanguíneo (capilar). Fonte: <http://anatpat.unicamp.br/bineuhistogeral.html#astrocitos>.

As células endoteliares são as células que revestem as cavidades do SNC (canal medular e os ventrículos cerebrais), são células semelhantes ao epitélio, formam uma camada única de células cuboide a cilíndricas (Fig. 8G). As células vizinhas estão unidas por complexos juncionais localizados próximos às superfícies apicais e apresentam cílios e microvilosidades nas superfícies apicais. Enquanto que na superfície basal, apresentam numerosas dobras internas que se interdigitam com os prolongamentos dos astrócitos. Nos ventrículos cerebrais, as células endoteliares modificam sua função de revestimento e passam a se tornar produtoras do líquido cerebrospinal (líquor).

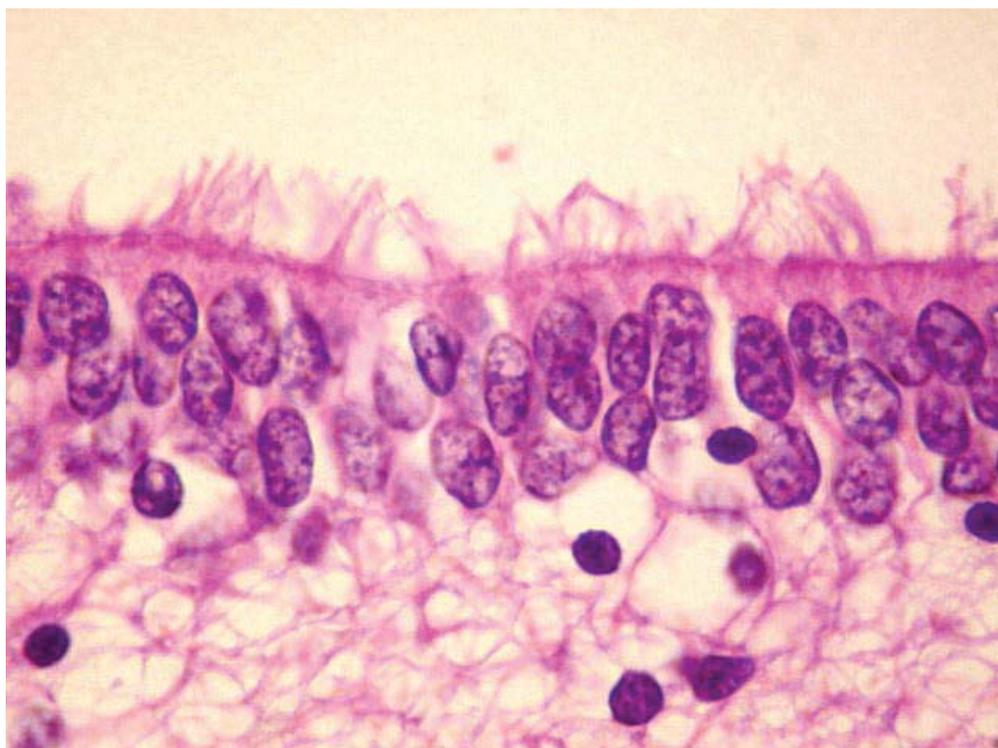


Figura 8G: Fotomicrografia de corte histológico da medula espinal com detalhe para as células de revestimento do canal central – células endoteliares. Observe a presença de microvilosidades e cílios na superfície apical, células com núcleos esféricos e alongados representando células cuboide e cilíndricas respectivamente. Fonte: <http://anatpat.unicamp.br/bineuendplexcornlautop.html>.



ATIVIDADES

DOENÇAS DESMIELINIZANTES

Algumas doenças destroem as bainhas de mielinas que recobrem as fibras axônicas dos neurônios como na Síndrome de Guillan-Barré e na Esclerose múltipla. Faça uma pesquisa sobre essas duas doenças, verificando qual região do sistema nervoso que cada uma dessas doenças atinge e quais os efeitos provocados no indivíduo.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

A bainha de mielina, tanto no sistema nervoso periférico como no sistema nervoso central são de grande importância para a boa funcionalidade das células nervosas, permitindo-os realizar uma transmissão de impulsos de forma mais rápida e coordenada, além de isolarem eletricamente os axônios de forma que não sofram influência de outros estímulos ou impulsos que estejam correndo em um neurônio adjacente. A perda da mielina nas fibras provoca um grande prejuízo tanto para a transmissão de impulsos nervosos bem como permite que a fibra possa sofrer influência de cargas elétricas (estímulos) de células nervosas vizinhas.

PLASTICIDADE NEURONAL

A plasticidade neuronal é a capacidade do neurônio de estabelecer novas conexões sinápticas e restabelecer as atividades funcionais em substituição das que foram perdidas na lesão. Essa capacidade é extremamente alta durante o desenvolvimento embrionário e bem menor na vida adulta. A plasticidade neuronal em adultos ocorre devido ao crescimento dos prolongamentos dos neurônios formando novas sinapses, assim, dentro de certos limites, as atividades funcionais dos neurônios lesados podem ser reestabelecidas até certo grau.

DEGENERAÇÃO E REGENERAÇÃO

O processo de degeneração ocorre quando um nervo é seccionado ou lesado. A parte do axônio com o terminal axônico, mas sem o pericário (extremidade distal), em poucos dias no SNP ou alguns meses no SNC, sofre degeneração e é fagocitado por macrófagos (SNP) ou por células da micróglia (SNC).

No SNP, enquanto a extremidade distal sofre processos degenerativos, as células de Schwann se proliferam e formam uma coluna-guia para que a porção do axônio ligada ao pericário (extremidade proximal) possa se guiar por dentro da coluna e se regenerar ocupando o espaço físico original. Já no SNC, a extremidade distal degenera, o lugar é preenchido pelas células da glia e a extremidade proximal reestabelece novas conexões.

Quando não há a formação de uma coluna-guia para a extremidade proximal se regenerar ocupando o espaço físico anterior, como em membros amputados, as fibras nervosas crescem de forma desordenada formando uma dilatação muito dolorosa na extremidade do nervo chamada neuroma de amputação.

FORMAÇÃO DE CICATRIZES

No SNP, as células de Schwann e as células do tecido conjuntivo formam um tecido cicatricial no espaço entre as duas extremidades seccionadas ou esmagadas de um nervo. Se esse espaço não for muito grande, a cirurgia é capaz de ligar as duas partes seccionadas e o nervo tem grandes chances de se regenerar.

No SNC, há indícios de que as células da glia que formam o tecido cicatricial parecem contribuir para impedir os processos regenerativos, de maneira que os estudos de hoje tem focado em como prevenir ou inibir a formação da cicatriz glial.



DOENÇA DE ALZHEIMER

A doença de Alzheimer é uma das doenças neurodegenerativas que ainda não tem cura, porém existem tratamentos que podem retardar o surgimento dos sintomas e atenuar os sintomas já aparentes. Faça uma pesquisa sobre esta doença e sobre as novidades na pesquisa científica sobre a mesma.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

O paciente portador da doença de Alzheimer frequentemente exhibe irritabilidade, agressividade, mudanças de humor e de comportamento conforme vai progredindo a doença e aumentam as dificuldades para os familiares que se veem tendo que cuidar, acompanhar e ajudar no tratamento de um familiar que não mais reconhece as pessoas e que depende a maior parte do tempo do auxílio de alguém, até mesmo para realizar suas necessidades fisiológicas mais básicas. Apesar dos grandes avanços na medicina, nem sempre é possível detectar no estágio inicial ou prever que o paciente terá a doença e ser submetido aos tratamentos preventivos. Por isso há a grande importância, como em quase todas as doenças, de se encontrar um tratamento curativo.

CONCLUSÃO

Conforme visto no decorrer desta aula, o tecido nervoso compõe de estruturas celulares altamente específicas e complexas, é o centro de controle para todas as funções do organismo. Uma falha ou uma alteração em alguma dessas redes de comunicação pode acarretar grandes prejuízos ao bom funcionamento da função a qual a rede é responsável, como visto em algumas doenças neurodegenerativas e lesões onde dependendo do tipo de lesão ou dano e principalmente em qual dos sistemas nervosos, as células têm certa capacidade de regeneração ou formação de cicatriz.



RESUMO

O tecido nervoso compõe um dos quatro tipos principais de tecidos do organismo, é responsável pela formação de redes de comunicação e controle de todas as funções do corpo. Está dividido anatomicamente em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP). E funcionalmente está dividido em Sistema Nervoso Somático (SNS) e Sistema Nervoso Autônomo (SNA). Os constituintes do tecido nervoso são basicamente as células nervosas (neurônios) e células de sustentação do sistema nervoso (células de Schwann e células-satélites no SNP e oligodendrócitos, astrócitos, micróglia e células ependimárias no SNC). O neurônio constitui de três partes principais: um corpo celular ou pericário, os dendritos e o axônio. A disposição e o número dos prolongamentos no pericário dão a classificação do neurônio em multipolar, bipolar e unipolar. Para a ocorrência da transmissão de informação (impulso nervoso) de um neurônio para outro, é necessário que haja um local onde o terminal axônico do neurônio esteja em contato com partes de outro neurônio. Esse local é a fenda sináptica e o processo de transmissão do impulso é a sinapse. Dependendo da parte do neurônio onde o terminal axônico do neurônio pré-sináptico fará a sinapse, esta poderá ser axodendrítica (axônio com dendrito), axossomática (axônio com o corpo celular) ou axoaxônica (axônio com axônio). Os neurônios têm certa capacidade de regeneração principalmente os do SNP, estes são capazes de refazer o seu axônio quando lesado através de uma coluna guia formada pelas células de Schwann que permite que o axônio se refaça na mesma posição onde estava o terminal perdido. Já no SNC, a porção do axônio perdido é preenchida por células da glia e a formação da cicatriz glial parece exercer um papel no bloqueio dessa regeneração.



PRÓXIMA AULA

Na próxima aula iniciaremos o estudo sobre o sangue e as células do sangue, suas funções fisiológicas e características morfológicas de cada tipo celular.



AUTOAVALIAÇÃO

- Qual é a classificação morfológica/anatômica do sistema nervoso?
- Qual é a classificação fisiológica do sistema nervoso?
- Como são classificadas as células nervosas?
- O que é sinapse?
- Quais são as células de sustentação do tecido nervoso?
- Tecido nervoso regenera?

REFERÊNCIAS

- JUNQUEIRA, Luiz Carlos, CARNEIRO, José. **Histologia Básica**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 524 p.
- KIERSZENBAUM, Abraham L. **Histologia e Biologia Celular: uma introdução à patologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 654 p.
- ROSS, Michael H., PAWLINA, Wojciech. **Histologia – Texto e atlas**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 908 p.