

Nervos, Potenciais de Membrana e Transmissão Nervosa



Introdução

As células nervosas (neurônios) possuem propriedades de excitabilidade, ou seja, o potencial elétrico de sua membrana é alterado bruscamente quando submetido a um estímulo apropriado. Essa variação do potencial elétrico tem características específicas e é chamado de **Potencial de Ação**. Esse impulso elétrico se propaga para outros neurônios, para fibras musculares ou células glandulares.

A Estrutura do Neurônio



As Funções de Cada Estrutura do Neurônio

Dendritos	Recebem estímulos químicos vindos de outras células, dos terminais dos neurônios, e os transformam em impulsos elétricos. Podem gerar potenciais de ação locais, mas não os conduzem para longe.
Corpo celular	O corpo celular e a primeira região do axônio contêm o núcleo e o citoplasma. É aqui que ocorre a síntese de proteínas e a produção de energia. Também é aqui que ocorre a integração de informações vindas dos dendritos e a geração de potenciais de ação.
Axônio	O axônio é responsável por conduzir o impulso elétrico gerado no corpo celular e na primeira região do axônio para os axônios terminais.
Terminal axônico	Os axônios terminais são responsáveis por liberar neurotransmissores que se ligam a receptores em outras células, gerando um novo impulso elétrico.

A Unidade Neuromuscular



Potenciais de Membrana

Todas as células do corpo humano apresentam um potencial elétrico através de sua membrana que é chamado, simplesmente, de **potencial de membrana**.

O potencial de membrana é causado por diferenças nas concentrações iônicas dos líquidos intra e extracelulares.

É fato que o líquido intracelular contém concentração muito mais elevada de ions potássio, enquanto que, no líquido extracelular, a concentração desse ion é muito reduzida; exatamente o oposto ocorre com o ion sódio: concentração muito elevada no líquido extracelular e muito reduzida no líquido intracelular.

Diferenças de Concentração Iônica Através da Membrana Neuronal

A membrana de uma célula possui a mesma bomba de sódio-potássio que é encontrada em todas as outras membranas celulares do organismo.

Essa bomba transporta ions sódio do interior do axônio para o exterior, enquanto que, ao mesmo tempo, transporta ions potássio para o interior. O efeito final desses processos de transporte, sobre as concentrações de sódio e potássio, no interior e no exterior axônico é o seguinte:

Na⁺ interior: 14 mEq Na⁺ exterior: 142 mEq
K⁺ interior: 140 mEq K⁺ exterior: 4 mEq

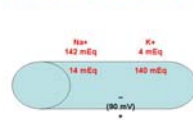
Potenciais de Membrana

Potencial de Nernst: é o valor do potencial entre as duas faces da membrana, que impede a difusão de determinado ion através dessa membrana.

Grandeza desse potencial: determinada pela proporção entre as concentrações do ion entre as duas faces da membrana.



Potenciais de Membrana



Potencial de Nernst

Podem ser calculado pela seguinte equação:

Potencial de membrana (em mV):
= - 61 X log (Concentração interna / Concentração externa)

Por exemplo, para o ion potássio:
= - 61 X log 140 / 4 = - 94 mV

Para usar esta fórmula admite-se que o potencial do lado externo é sempre zero, e o potencial de Nernst é o potencial do interior da membrana.

Potencial de Ação

É uma atividade elétrica em que cargas se movem ao longo da superfície da membrana.

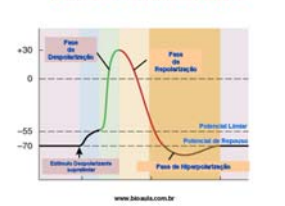
Alguns axônios são capazes de sustentar 1.000 impulsos/segundo.

O Na⁺ despolariza a membrana e o K⁺ faz a repolarização.

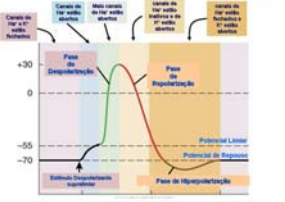
O Registro do Potencial de Ação



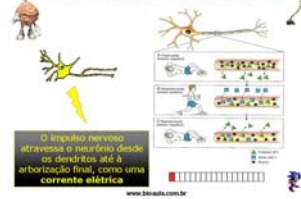
Fases do Potencial de Ação



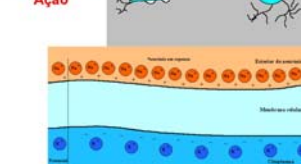
Mecanismo Iônico do Potencial de Ação



Potencial de Ação e Impulso Nervoso



Potencial de Ação



Potencial de Repouso da Membrana dos Nervos

O potencial de repouso das fibras nervosas de grande diâmetro, quando não estão transmitindo sinais nervosos é de -90mV.

-90mV mais negativo que o potencial do líquido extracelular.

A Bomba Na⁺ - K⁺, presente nas membranas celulares, bombeia continuamente Na⁺ para fora da célula e K⁺ para dentro.

Como um número maior de cargas positivas é bombeado para fora do que para dentro da fibra (3Na⁺ para 2K⁺), a bomba é "eletrogênica" porque cria déficit real de ions positivos no interior.

*"por criar separação de cargas e diferenças de potencial"

Potencial de Repouso da Membrana dos Nervos

Bomba Na⁺ - K⁺ também produz grandes gradientes de concentração para o Na⁺ e para o K⁺.

As proporções para esses ions de dentro para fora são:
Na⁺ interior 14mEq e Na⁺ exterior 142mEq
K⁺ interior 140mEq e K⁺ exterior 4mEq

Vazamento de K⁺ e Na⁺ através da Membrana Neural

Canais chamados de "Canais de Vazamento ao Na⁺ e ao K⁺" permitem o vazamento desses ions através da membrana.

Ênfase no vazamento do K⁺, uma vez que esses canais são cerca de 100 vezes mais permeáveis a este ion do que ao Na⁺.

Potencial de Repouso



Onda de Despolarização ou Impulso Nervoso



Repolarização da Fibra Nervosa

Após a despolarização, a positividade interna gerada pelo fluxo de sódio impede a continuação do fluxo deste ion para o interior da fibra e também faz com que a membrana tome-se, de novo, impermeável aos ions sódio, embora o mecanismo por trás deste efeito ainda não seja conhecido.

Entretanto, a membrana permanece muito permeável aos ions potássio. Ião, mais uma vez, cria uma eletrovalabilidade no interior da fibra e positividade em seu exterior, um processo chamado de repolarização por restabelecer a polaridade normal da membrana.

Período Refratário

- Quando o impulso está viajando ao longo da fibra nervosa, essa fibra nervosa não pode conduzir um segundo impulso até que sua membrana fique repolarizada.
- Por esse razão, a fibra é dita estar no estado refratário e o intervalo de tempo em que a fibra permanece nesse estado é chamado de período refratário.
- Esse período dura cerca de 10-500 seg para as fibras mais calibradas e até 1000 seg para as mais delgadas.

www.biotaua.com.br

Restabelecimento das Diferenças das Concentrações Iônicas após a Condução de Impulsos Nervosos

- Após a fibra nervosa ter ficado repolarizada, os íons sódio que penetraram em seu interior e os íons potássio que passaram para o exterior devem ser devolvidos a seus locais de origem nas duas faces da membrana.
- Isso é realizado pela bomba de sódio-potássio. Dessa forma, esse processo restabelece as diferenças iônicas, repõe as concentrações em seus valores iniciais.

www.biotaua.com.br

Condução do Potencial de Ação

Mecanismo de Condução

www.biotaua.com.br

Condução do Potencial de Ação

Mecanismo de Condução

www.biotaua.com.br

Condução do Potencial de Ação

Mecanismo de Condução Saltatória em Axônio Mielinizado

Muitos axônios de neurônios sensoriais periféricos e motores são mielinizados.

A mielina é um material isolante formado por células de Schwann, podendo haver até 30 camadas consecutivas de membranas celulares ao redor do axônio.

Esta bainha de membrana é interrompida em intervalos regulares pelos nós de Ranvier, que estão dispostos de tal forma que, quanto maior o diâmetro da fibra nervosa, maiores as distâncias internodais.

Visto que a mielina é um isolante, e visto que os íons não podem se mover pela membrana na região em que a mielina está presente, a excitação vai ocorrer somente nas regiões dos nós de Ranvier.

A excitação, desta forma, salta de nó em nó, formando uma condução saltatória.

As fibras nervosas mielinizadas têm velocidade de condução do Potencial de Ação mais elevada do que as fibras não mielinizadas.

www.biotaua.com.br

Fibras Não-Mielinizadas e Mielinizadas

FIBRA NÃO-MIELINIZADA

FIBRA MIELINIZADA

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE IMPULSO NERVOSE NAS FIBRAS MAIS CALIBRADAS: 100 m/s

www.biotaua.com.br

Bainha de Mielina

Nó de Ranvier

Corpo celular

Bainha de mielina

Axônio

www.biotaua.com.br

Bainha de Mielina

www.biotaua.com.br

Condução do Potencial de Ação

Mecanismo de Condução Saltatória em Axônio Mielinizado

www.biotaua.com.br

Condução do Potencial de Ação

Mecanismo de Condução Saltatória em Axônio Mielinizado

www.biotaua.com.br

Condução do Potencial de Ação

Mecanismo de Condução Saltatória em Axônio Mielinizado

www.biotaua.com.br

Condução do Potencial de Ação

Velocidade de Condução

As fibras nervosas que possuem maior diâmetro de axônio são as que apresentam maior velocidades de condução do Potencial de Ação.

Essa velocidade de condução é proporcionalmente ainda maior em células nervosas com axônio mielinizado.

www.biotaua.com.br

Transmissão de Sinais com Diferentes Intensidades por Feixes Nervosos

Um feixe nervoso tem dois meios para transmitir sinais de intensidade diferente: fibras fortes ou fibras fracas.

Esses dois meios são:

- (1) Transmissão de sinais diferencialmente por fibras variadas de diâmetro, o que é chamado de **codificação espacial**.
- (2) Transmissão de sinais, com frequência baixa ou alta, pela mesma fibra, o que é chamado de **codificação temporal**.

A **codificação espacial** pode determinar uma falta de força contrátil muscular, ao passo que, a **codificação temporal** define a magnitude da intensidade de um sinal que recebe fibra, em um mesmo segundo.

www.biotaua.com.br

Transmissão de Impulsos por Fibras Musculares

Transmissão por Fibras Musculares Esqueléticas

As fibras musculares esqueléticas conduzem impulsos exatamente como o fazem as fibras nervosas.

A velocidade normal de condução, nas fibras musculares esqueléticas, é de cerca de 4 m/s, contrastando com a velocidade de 50 a 100 m/s das fibras nervosas mais calibradas, e de 5 a 10 m/s nas fibras nervosas mais delgadas.

Uma vez que as fibras nervosas que controlam os músculos esqueléticos são muito calibradas, conduzem impulsos com velocidade de 50 m/s, um sinal que é conduzido muito rapidamente do cérebro até o músculo sobrando decréscimo de cerca de 50 vezes ao passar pelo próprio músculo. De, à viagem da placa motora!

www.biotaua.com.br

Transmissão de Impulsos por Fibras Musculares

Transmissão no Músculo Cardíaco e no Músculo Liso

A transmissão de impulsos no músculo cardíaco e no músculo liso também ocorre pelo mesmo mecanismo da fibra nervosa e da fibra muscular, mas com velocidades ainda mais baixas - cerca de 0,4 m/s no coração, e apenas de cerca de 1 m/s no músculo liso.

O músculo liso e o cardíaco possuem suas células interconectadas, de modo que a excitação de uma fibra permite que o estímulo passe para todas as outras fibras.

O músculo liso e o cardíaco possuem potencial de ação mais duradouro que o músculo esquelético, e, portanto, têm contração extremamente longa.

www.biotaua.com.br

A Placa Motora

Anatomia da Placa Motora

www.biotaua.com.br

Transmissão do Impulso na Placa Motora

www.biotaua.com.br

Miastenia Grave

- É uma doença causada por doença auto-imune que destrói os receptores para Ach na membrana pós-sináptica (membrana de célula muscular estriada esquelética).
- Esta situação compromete a responsividade da membrana da fibra muscular à acetilcolina e causa paralisia muscular.

www.biotaua.com.br

Transmissão de Impulsos por Fibras Musculares

Transmissão por Fibras Musculares Esqueléticas

As fibras musculares esqueléticas conduzem impulsos exatamente como o fazem as fibras nervosas.

A velocidade normal de condução, nas fibras musculares esqueléticas, é de cerca de 4 m/s, contrastando com a velocidade de 50 a 100 m/s das fibras nervosas mais calibradas, e de 5 a 10 m/s nas fibras nervosas mais delgadas.

Uma vez que as fibras nervosas que controlam os músculos esqueléticos são muito calibradas, conduzem impulsos com velocidade de 50 m/s, um sinal que é conduzido muito rapidamente do cérebro até o músculo sobrando decréscimo de cerca de 50 vezes ao passar pelo próprio músculo. De, à viagem da placa motora!

www.biotaua.com.br