



Reflexos Medulares

Podemos dizer que o cérebro humano é o computador mais poderoso do mundo. O cérebro dos vertebrados surgiu há muito anos como uma estrutura primitiva dividida em cérebro anterior, médio e posterior (prosencéfalo, mesencéfalo e romboencéfalo) e medula espinhal. Alguns vertebrados como os anfíbios, ainda permanecem com esta estrutura cerebral primitiva, no entanto, em outros vertebrados, como nos mamíferos, o cérebro sofreu modificações substanciais ao longo dos séculos dando origem a um sistema nervoso central altamente complexo.

Tomando-se por base o início da escala filogenética dos vertebrados, podemos dizer que a medula espinhal era, hierarquicamente, um centro importante de integração nervosa com mais autonomia do que os demais centros cerebrais. De fato, a medula espinhal é a parte do sistema nervoso central que fica rodeada e protegida pela coluna vertebral. Trata-se de um centro de integração para onde chegam as fibras sensoriais e de onde partem informações motoras nesta sequência. No entanto, a medula espinhal não é apenas um caminho para conexões motoras e sensoriais entre o sistema nervoso periférico e o encéfalo, mas é responsável pela coordenação de reflexos sensoriais-motores.

Brevemente, os sinais sensoriais entram na medula (exclusivamente via raízes dorsais) onde fazem sinapses com neurônios motores anteriores ou com interneurônios. Os neurônios motores anteriores deixam a medula via raízes ventrais e inervam diretamente as fibras musculares esqueléticas. Por outro lado, os interneurônios ficam confinados ao sistema nervoso central e fazem conexões tanto com neurônios sensoriais quanto com neurônios motores. Na maioria das vezes os sinais sensoriais são transmitidos primeiramente para os interneurônios, onde são adequadamente processados, antes de convergirem sobre os neurônios motores anteriores para o controle da função muscular (Figura 1). Portanto, os sinais sensoriais que chegam à medula podem provocar uma resposta motora direta, ao fazerem sinapse com neurônios motores anteriores (reflexo monossináptico) ou indireta, ao fazerem sinapse com os interneurônios. A Figura 2 mostra a base funcional para um reflexo, onde um neurônio sensorial interage diretamente por meio de sinapse com um neurônio motor (reflexo monossináptico).

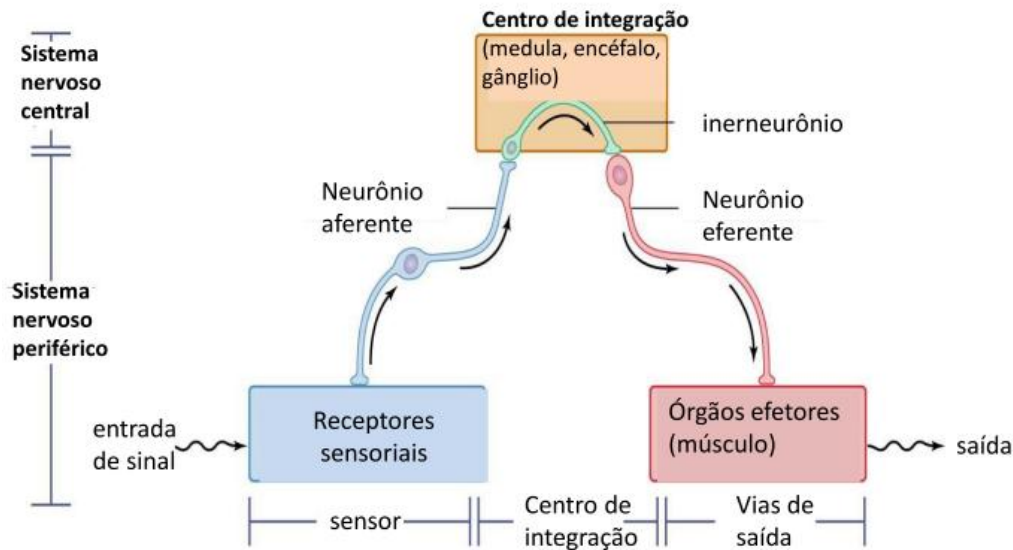


Figura 1 – Esquema básico da integração sensorial e motora (Adaptado de Moyes e Schulte, 2009)

Quando uma atividade animal, como um movimento ou a secreção de uma glândula, ocorre em virtude de uma alteração no ambiente, essa atividade passa a ser denominada resposta. Os agentes externos que induzem as respostas são os estímulos. Quando estas respostas ocorrem de forma padronizada, elas são chamadas reflexos. O circuito neuronal local da medula espinhal é responsável por uma série de reflexos motores ou reflexos medulares.

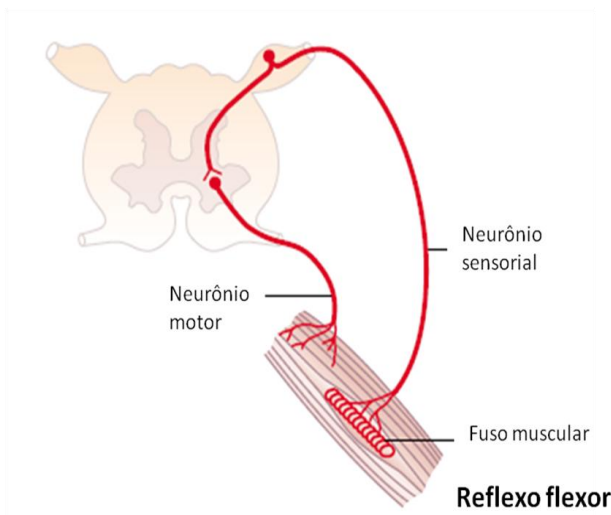


Figura 2 – Esquema representativo de um reflexo monossináptico. (Adaptado de Guyton e Hall, 2006).

Dentre os reflexos medulares está o reflexo flexor ou de retirada. Este reflexo é caracterizado pela retirada de um membro do corpo frente a estímulos como dor, picada e calor. Um exemplo é quando encostamos a mão no fogo: não precisamos ver ou mesmo sentir a dor para que a resposta reflexa seja desencadeada e nossa mão seja retirada (reflexo flexor

ou de retirada). Isso ocorre graças à integração, na medula, da ativação dos neurônios sensitivos com os neurônios motores e, conseqüente excitação dos músculos flexores e recíproco relaxamento ou inibição dos músculos extensores. A flexão de um membro acompanhada da reação contralateral do membro oposto é denominada reflexo extensor cruzado. No entanto, para que este reflexo seja observado o estímulo tem que ser suficientemente forte para atingir os interneurônios, com limiar de ativação mais alto, que fazem parte do circuito neuronal do reflexo extensor cruzado. A necessidade do envolvimento dos músculos contralaterais neste tipo de reflexo tem a função de dar suporte postural durante a retirada do membro afetado frente ao estímulo da dor (Figura 3).

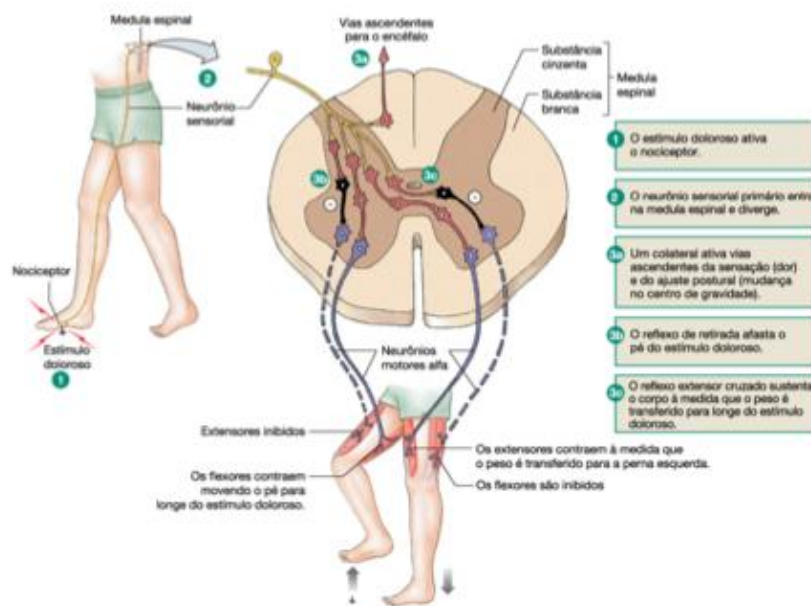


Figura 3 – Esquema representativo de um reflexo extensor cruzado. (Adaptado de Silverthron, 2011).

Outro reflexo medular associado a movimentos musculares é o reflexo de locomoção, como o caso do reflexo natatório. Observações em animais experimentais mostram que um padrão rítmico básico dos movimentos dos membros durante a locomoção ou natação podem não ser dependentes de estímulos sensoriais e tão pouco dependentes de centros nervosos superiores.

Para estudarmos a ação reflexa e suas propriedades, acompanhamos no vídeo uma rã em preparação espinhal, de modo que eliminamos, sequencialmente, as influências superiores. No vídeo, observamos que após a destruição do telencéfalo, apesar de não exibir iniciativa de movimentos, a rã quando estimulada ainda mantém alguns reflexos como o reflexo de retirada, reflexo natatório e reflexo do abraço; além do reflexo postural e capacidade de manter uma frequência respiratória. O procedimento experimental mostra que tais reflexos não estão associados aos centros superiores, mas à medula. No entanto, o padrão de velocidade e a coordenação destes movimentos não é tão precisa quanto no animal íntegro.

Ao aplicarem-se diferentes soluções de ácido acético na pata da rã que teve seus centros superiores destruídos e que ficou com sua medula intacta, observamos diversos padrões de respostas. Com o aumento da intensidade do estímulo observam-se respostas mais fortes. Primeiramente, observamos apenas a retirada do membro estimulado em resposta à aplicação da solução mais fraca de ácido acético. À medida que soluções mais concentradas de ácido foram aplicadas a rã exibiu movimento unilateral de retirada (lei da unilateralidade) seguido de contração generalizada (reflexo generalizado). Ainda, a lei da localização foi mostrada no momento em que a rã tenta alcançar um estímulo aplicado localmente.

Por fim, com a destruição total da medula, a rã deixa de apresentar movimentos motores reflexos quando estimulada e perde a capacidade de adquirir postura e exibir movimentos respiratórios.

REFERÊNCIAS DAS FIGURAS:

Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2006. Tratado de Fisiologia Médica. 11a edição, Elsevier - Pensilvania, E.U.A. 116 p.

Silverthorn, D.U. 2003. Fisiologia Humana. Uma Abordagem Integrada. 2ª edição, Editora Manole - São Paulo, Brasil.

BIBLIOGRAFIA INDICADA:

Aires, M.M. 2008. Fisiologia. 3a Edição, Guanabara Koogan - Rio de Janeiro, Brasil, 1232 p.

Berne, R.M.; Levy, M.N. Kolppen, B.M. & Stanton, B.A. 2009. Fisiologia, 6a Edição, Editora Elsevier - São Paulo, Brasil.

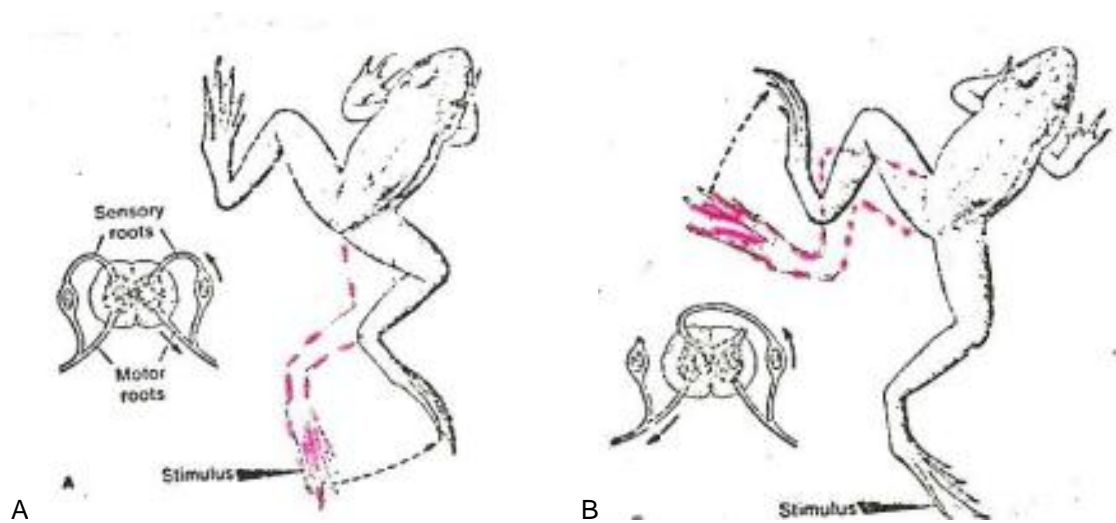
Curi, R.; Procópio, J. Fisiologia Básica. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 2009.

Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2006. Tratado de Fisiologia Médica. 11a edição, Elsevier - Pensilvania, E.U.A. 116 p.

Silverthorn, D.U. 2003. Fisiologia Humana. Uma Abordagem Integrada. 2ª edição, Editora Manole - São Paulo, Brasil.

QUESTÕES DE REVISÃO

- 1 – Descreva um reflexo monossináptico e um polissináptico.
- 2 – Explique os mecanismos envolvidos com a pós-descarga.
- 3 – No vídeo observamos estímulo sub-limiar? Explique.
- 4 – Explique os mecanismos de somação temporal.
- 5 – No modelo estudado, como assegurar que as respostas estudadas são de natureza medular?
- 6 – Veja as figuras abaixo e explique o quadro A e o B.



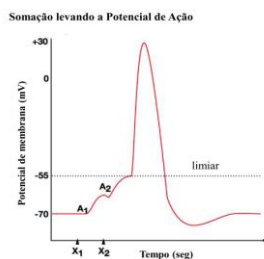
SOLUCIONANDO AS QUESTÕES DE REVISÃO

1 – O reflexo monossináptico envolve apenas uma sinapse entre o neurônio sensorial e o neurônio motor, assim como esquematizado na figura 2A, enquanto que o polissináptico envolve 2 ou mais sinapses com a adição de interneurônios entre os neurônios sensorial e motor.

2 – Quando se aumenta a intensidade do estímulo aumenta-se a chance de se observar o fenômeno de pós-descarga, que se caracteriza pela maior duração da resposta desencadeada, mostrando uma maior liberação de neurotransmissor.

3 – O estímulo sub-limiar é aquele onde ocorre despolarização da membrana abaixo da voltagem necessária (limiar) para abrir canais de Na⁺, responsáveis pela fase despolarizante do Potencial de Ação (PA), e assim não é deflagrado o PA.

4 - Os potenciais que chegam ao corpo celular da célula pós-sináptica podem apresentar diferentes amplitudes (potenciais graduados). A despolarização gerada na célula pós-sináptica pode não ser suficiente para desencadear um potencial de ação (PA) na mesma, por ser abaixo do limiar de deflagração de PA. No caso de um potencial graduado chegar à célula pós-sináptica com intensidade inferior à necessária para desencadear um PA e, se antes da repolarização completa do potencial graduado chegar um 2º potencial graduado, este levará a uma somação de despolarização (a partir da anterior), sendo agora suficiente para alcançar o limiar do PA. Este fenômeno é denominado somação temporal (vide gráfico abaixo).



5 – No início do vídeo é mencionado que o sistema nervoso superior, encéfalo e tronco cerebral, havia sido isolado (e destruído) da medula espinhal, havendo como parte do sistema nervoso central apenas a medula espinhal íntegra.

6 – No esquema A identifica-se a circuitaria reflexa de cada lado do animal, referente a cada um dos membros inferiores. Assim, membro direito estimulado é seguido de retirada do membro direito, onde o neurônio sensorial estimulado leva a informação (via raiz dorsal) até a medula e faz sinapse com interneurônios e neurônio motor desencadeando a resposta de retirada do membro. Na situação B, experimentalmente, o neurônio sensorial do membro direito

passa a fazer sinapse com o neurônio motor esquerdo, assim, a estimulação do membro direito leva á retirada do membro esquerdo.