


Um mergulho na mente humana – Da percepção às emoções

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.001-005>

Paulo Cesar Moreira

Graduado em Medicina, doutorado em Ciência Animal e mestrado em Clínica Médica. Professor do Programa de Pós-Graduação (Mestrado e Doutorado) em Ciência Animal da UFG, professor do Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável da Pontifícia Universidade Católica de Goiás; membro da Sociedade Brasileira de Anatomia, membro da Sociedade Brasileira de Bioestrutura Experimental; editor da Revista Estudos Ciência e Vida; membro do corpo editorial da Revista Brasileira de Ensino Médico (RBEM), Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Revista Ciência Animal Brasileira e da Revista Brasileira de Morfologia. Conselheiro titular do Museu Antropológico da UFG. Autor dos livros “Plantas Medicinais do Cerrado Brasileiro”, “Neurociência e Educação – Volumes 1, 2, 3, e 4”, “Bioestrutura Experimental e Morfologia: saberes e práticas”. Professor de Neuroanatomia e Neurociência da Universidade Federal de Goiás e Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas ao Ensino de Biologia da Universidade Federal de Goiás. Atualmente faz parte do corpo docente efetivo do departamento de Morfologia, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás.

Polyanne Junqueira Silva Andresen Strini

Graduação em Odontologia pela Universidade Federal de Uberlândia (2006), especialização em Anatomia Humana pela FESURV (2010), mestrado e doutorado em Biologia Buco-Dental (Área de Anatomia) pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2011 e 2014). Professora da Universidade Federal de Uberlândia – UFU e orientadora de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na pós-graduação em Tecnologias Aplicadas ao Ensino de Biologia, modalidade a distância, pela Universidade Aberta do Brasil/UFG. Atua nas áreas de anatomia humana, morfometria, disfunção orofacial, eletromiografia, ultrassonografia, análise da qualidade de vida, amilase e cortisol salivar. Tem desenvolvido projetos acadêmicos e de extensão nas áreas da saúde e de ciências biológicas.

Paulinne Junqueira Silva Andresen Strini

Graduação em Odontologia, especialização em Anatomia Humana, mestrado em Odontologia e doutorado em Biologia Buco-Dental. Atuou como docente efetivo da Universidade Federal do Piauí de 2009 a 2012. Professora da Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Tem experiência na área de Anatomia Humana e Odontologia. Atua, principalmente, nos seguintes temas: anatomia humana, morfometria, oclusão, disfunção temporomandibular, eletromiografia, ultrassonografia e biomecânica. Tem desenvolvido

projetos acadêmicos e de extensão nas áreas da saúde e de ciências biológicas.

Stephânia de Oliveira Laudares Moreira

Graduação em Medicina; Pediatra pelo Programa de Residência Médica do Hospital Materno Infantil de Goiânia (HMI) e Especialista em Pediatria pela Sociedade Brasileira de Pediatria/Associação Médica Brasileira; preceptora em Pediatria do Curso de Medicina da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Supervisora Geral do Internato Médico do Curso de Medicina da UNIFAN; diarista do Alojamento Conjunto do Hospital Materno Infantil de Goiânia; Pós-Graduada em Docência do Ensino Superior - Lato sensu Especialista Early Nutrition Specialist, pela Ludwig-Maximilians - Universität München. Foi Professora do Curso de Medicina da UNIFIMES. Possui curso de proficiência em inglês na Bell International, UK, e First Certificate English (FCE), de Cambridge University, London, UK. Instrutora do Pediatric Advanced Life Support - PALS; Curso de Suporte Avançado de Vida em Cardiologia - ACLS e Curso Pediatric Advanced Life Support - PALS; Integra o grupo de Pesquisa CNPq em Neurociências, Morfofisiologia e Bioestrutura Experimental da Universidade Federal de Goiás; Monitora do Curso de Qualificação e Aperfeiçoamento em Técnicas Morfológicas e Necropsia e do Curso de Especialização em Tecnologias Aplicadas ao Ensino de Biologia do ICB/UFG; Foi secretária da Liga Acadêmica de Medicina e Arte da Pontifícia Universidade Católica de Goiás; Foi monitora da Disciplina de Neurofisiologia da PUC-Goiás; Participou como membro da Subcomissão de Trabalhos Científicos e da Subcomissão de Programação Científica do Congresso Brasileiro de Educação Médica 2010. Secretária do I Workshop de Anatomia do Centro-Oeste (2015); Secretária do I Congresso Nacional de Bioestrutura Experimental e Morfologia (2017). É coautora dos livros "Plantas Medicinais do Cerrado Brasileiro" e "Bioestrutura Experimental e Morfologia: saberes e práticas". Detentora do Prêmio Residente Revelação Dr. Saulo Rodrigues. Atualmente é Supervisora do Internato Médico do curso de Medicina da UNIFAN.

Augusto Cesar Malta Laudares Moreira

Graduação em Medicina; especialista em Medicina do Exercício e do Esporte. Fundador e 1º Presidente da Liga Acadêmica de Morfologia Octávio Binivignat - LAMOB. Membro da Comissão Científica do 1º Workshop de Anatomia do Centro-Oeste 2015, Presidente da 1ª Jornada Mineirense de Morfologia, Organizador do 1º Curso Introdutório da LAMOB. Presidente do Comitê de Logística e membro da Comissão Científica do I Encontro Nacional de Bioestrutura Experimental e



Morfologia e 1º Encontro de Monitores do Centro-Oeste: Aprender a Aprender Morfologia!, 2017. É coautor do livro “Bioestrutura Experimental e Morfologia: saberes e práticas”; coautor do livro Bioestrutura Experimental e Morfologia: saberes e práticas”.

Nilza Nascimento Guimarães

Graduação em Fisioterapia, Especialização em Auditoria em Serviços de Saúde, Mestrado em Biologia, Doutorado em Biologia Molecular. Atualmente faz parte do corpo docente efetivo do departamento de Morfologia, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás.

Marcelo Cozac Moura

Graduação em Medicina pela Universidade Federal de Goiás. Atua em extensão universitária com ênfase em Anatomia Humana e Neurociência.

Nelson David Fernandes Almeida

Graduação em Medicina pela Universidade Federal de Goiás. Atua em extensão universitária com ênfase em Anatomia Humana e Neurociência.

Rafael Dias de Sousa

Graduação em Medicina pela Universidade Federal de Goiás. Atua em extensão universitária com ênfase em Anatomia Humana e Neurociência.

Lívia Pereira de Mesquita

Graduação em Medicina Farmácia pela Universidade Federal de Goiás. Atua em extensão universitária com ênfase em Anatomia Humana e Neurociência.

RESUMO

Percepção é a capacidade de associar as informações sensoriais à memória e à cognição, de modo a formar conceitos sobre o mundo, sobre nós mesmos e orientar nosso comportamento. Deste conceito, entendemos que a percepção é um fator dependente dos sentidos, da memória, da cognição e do comportamento. Para a compreensão da localização do objeto é preciso a coordenação de informações sensoriais e motoras. O conhecimento sobre a percepção auditiva é menos amplo do que sobre a percepção visual. Isto vem da facilidade de se estudar a percepção visual e da dificuldade em estudar a auditiva, diante do fato de que ela não reflete exatamente a realidade sonora do ponto de vista físico, ou seja, há uma variação entre o som emitido pela fonte sonora, a percepção do indivíduo e ainda a variação entre diferentes pessoas. A atenção é o processo de focalização da consciência, concentrando os processos mentais em uma única tarefa principal e deixando as outras para segundo plano. Este processo só é possível nossa capacidade de sensibilizar seletivamente um conjunto de neurônios de certas regiões cerebrais responsáveis pela execução da tarefa principal, inibindo as demais. Para compreendermos o estudo das emoções e da razão devemos partir do pressuposto de que ambas são operações mentais acompanhadas de uma experiência interior e são capazes de orientar o comportamento e realizar os ajustes fisiológicos necessários. Tanto a razão quanto à emoção são aspectos de um mesmo organismo contínuo, denominado de mente. O medo é um sentimento iniciado por diversos estímulos. As manifestações do medo estão ligadas a preparar o organismo para um esforço físico intenso e que poderá resultar numa luta ou fuga. As emoções são ocorrências autonômicas, contudo, elas podem ser moduladas pelo uso da razão, ou seja, pela atuação do córtex pré-frontal, que pode alterar o comportamento para favorecer a situação. A raiva é a emoção que determina o comportamento da agressão, seja ela por causa defensiva (relação com o medo) ou ofensiva. Assim como o medo, a região responsável pelo disparo inicial da agressão é a amígdala, a qual a partir de suas conexões com o hipotálamo. O estudo das relações de prazer é extremamente limitado. Os seres humanos possuem diversas formas de comunicação. Todas envolvem dois indivíduos: um emissor do sinal (que deve ser padronizado entre a comunidade) e um receptor do sinal. Todas as línguas possuem comunicação falada e apenas algumas possuem comunicação escrita. Esta característica advém do fato de a fala possuir uma grande base neurológica inata, enquanto a escrita é uma construção cultural cuja aprendizagem depende do ensino. A escrita é um meio de comunicação restrito a alguns idiomas e que resulta da aprendizagem de alguns padrões motores das mãos, de modo a produzir certos símbolos que representam fonemas. Esse texto procura fazer um mergulho na mente humana e evidenciar os principais mecanismos globais e específicos que levam da percepção às emoções à luz das discussões atuais de aprendizagem, ensino e apreensão do conhecimento.

Palavras-chave: Neurociência, Memória, Tomada de decisões.

1 INTRODUÇÃO

1.1 A SINALIZAÇÃO NEURONAL E SEUS MECANISMOS

1.1.1 Uma abordagem detalhada sobre as sinapses no sistema nervoso

Ao iniciarmos nossos estudos em neurociência foi possível entender que a sinalização das células nervosas e a transmissão de sinais dependem da existência das sinapses. Como visto anteriormente, a sinapse consiste em uma junção anatômica especializada entre dois neurônios, na qual a atividade elétrica ou química de um neurônio influencia a atividade do outro. Não vamos confundir com transmissão sináptica, que constitui a passagem de informação entre um neurônio e outro. Vale ressaltar que o potencial de ação da célula nervosa é gerado e se propaga ao longo do axônio pelo fato da sua membrana ser composta, principalmente, de canais de sódio voltagem dependente. No entanto, essa despolarização segue um caminho e tem um objetivo dentro do organismo humano, mas para isso, é importante que tais sinais sejam transmitidos a outros neurônios, como por exemplo, os neurônios motores que controlam a contração muscular, bem como neurônios localizados no encéfalo e na medula espinhal que coordenam a resposta reflexa (BEAR, 2010).

Esse tópico mostra-se fundamental em entender as transmissões elétricas e principalmente as sinapses que utilizam transmissores químicos. Conhecer esse tópico nos ajudará a entender o funcionamento de drogas psicoativas, as causas dos transtornos mentais e as bases do aprendizado e da memória (BEAR, 2010).

1.1.2 Sinapse Elétrica

A sinapse elétrica está em menor número no interior do sistema nervoso central (SNC), e ela é evolutivamente mais primitiva. As sinapses elétricas ocorrem principalmente nas junções do tipo GAP, ou junções comunicantes, estando separadas da membrana pré e pós-sináptica por meio de uma fenda de 3nm. A maioria das junções GAP permite que a corrente iônica passe adequadamente em ambos os sentidos, portanto, diferentemente das sinapses químicas, que são unidirecionais, as elétricas são bidirecionais (BEAR, 2010).

As sinapses elétricas são muito rápidas e, se a sinapse for de grande intensidade, ela é infalível. Portanto, um potencial de ação no neurônio pré-sináptico pode produzir, quase que instantaneamente, um potencial de ação no neurônio pós-sináptico (BEAR, 2010).

As funções das sinapses elétricas nos mamíferos e nos invertebrados são diferentes. Nos invertebrados, essas sinapses estão presentes entre neurônios sensoriais e motores mediando a resposta de fuga. Já nos mamíferos, essas sinapses são encontradas em locais em que a função normal das células nervosas requer que os neurônios vizinhos trabalhem de uma maneira altamente sincronizada – como acontece nos músculos lisos e cardíacos (BEAR, 2010).



1.1.3 Sinapse Química

Em uma sinapse química, o sinal elétrico da membrana pré-sináptica é convertido em um sinal químico, na forma de neurotransmissores, os quais migram para a matriz proteica extracelular, cuja função é manter aderida as membranas pré e pós-sinápticas, e se ligam ao receptor na membrana das células pós-sinápticas (BEAR, 2010).

1.2 AGORA VAMOS DAR INÍCIO AO ESTUDO DA LIBERAÇÃO DESSES NEUROTRANSMISSORES!!!!

O potencial de ação chega ao terminal axônico devido ao influxo de sódio. Os canais de Ca^{2+} voltagem dependentes, presentes nas zonas ativas do axônio, se abrem. Isso acarreta um influxo de íons Ca^{2+} para o interior da célula que sinaliza a migração das vesículas para a membrana interna do neurônio. As vesículas ancoradas liberam neurotransmissores na fenda sináptica, que acabam por se ligar aos receptores da membrana pós-sináptica, ativando as vias de transdução de sinal (BEAR, 2010).

No Sistema Nervoso Central (SNC) há várias formas de ocorrência das sinapses:

- Axodendríticas – quando a membrana pós-axonal está localizada em um dendrito.
- Axossomáticos – quando a membrana pós-axonal está localizada em um corpo celular.
- Axoaxônicas – quando a membrana pós axonal está localizada em um axônio.
- Dendrodendrítico – ocorre em certos neurônios especiais - os dendritos formam sinapses com dendritos.

As sinapses não ocorrem apenas no encéfalo e na medula espinal. Axônios do sistema nervoso autônomo inervam glândulas, músculos lisos e o coração. As sinapses químicas também ocorrem entre axônios e neurônios motores da medula espinal e músculos esqueléticos. Estas sinapses chamam-se junções neuromusculares e possuem aspectos estruturais muito semelhantes às sinapses químicas que ocorrem no SNC (BEAR, 2010).

A transmissão sináptica neuromuscular é rápida e infalível, isto é, um potencial no axônio sempre gera um potencial de ação na fibra muscular inervada por esse axônio. Sua mais importante especialização é o tamanho, pois é uma das maiores sinapses no corpo. O terminal pré-sináptico contém muitas zonas ativas. Além disso, a membrana pós-sináptica, também chamada de placa motora terminal, contém uma série de dobras na superfície. As zonas ativas estão precisamente alinhadas com estas dobras nas junções e a membrana pós-sináptica das dobras (BEAR, 2010).

1.3 COMO OCORRE A TRANSMISSÃO SINÁPTICA? VAMOS ENTENDER UM POUCO SOBRE ESTE PROCESSO!!!

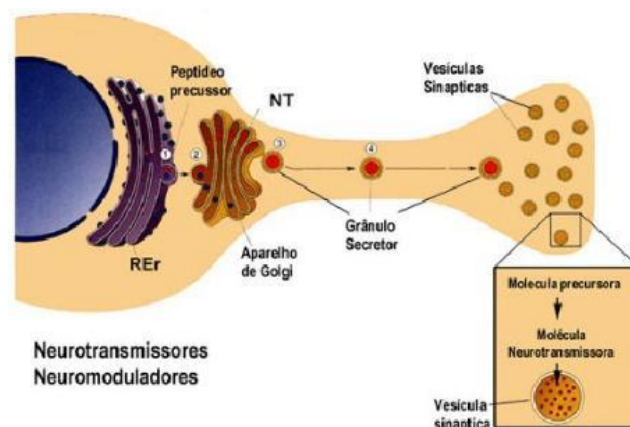
1.3.1 Princípios da Transmissão Sináptica

Para que ocorra a transmissão sináptica química é necessária a síntese de neurotransmissores e, conseqüentemente, seu armazenamento nas vesículas sinápticas. Também é necessário um mecanismo que possibilite o derramamento de neurotransmissores das vesículas na fenda sináptica em virtude da ocorrência de um potencial de ação pré-sináptico. A partir daí, é preciso remover esses neurotransmissores da fenda local. Todos esses mecanismos devem funcionar de modo eficiente e muito rapidamente para que o processo se complete.

Observa-se uma variedade de neurotransmissores e estes estão divididos em três categorias: aminoácidos, aminas e peptídeos. A transmissão sináptica rápida na maioria das sinapses do SNC é mediada pelos aminoácidos Glutamato (Glu), gama-aminobutírico (GABA) e Glicina (Gli). Já a transmissão sináptica rápida de todas as junções neuromusculares é mediada pela amina acetilcolina (Ach), enquanto nas formas lentas, a transmissão tanto no SNC quanto na periferia, é mediada por neurotransmissores de todas as categorias (BEAR, 2010).

Para a síntese dos neurotransmissores peptídicos, seu precursor peptídico é sintetizado no retículo endoplasmático granuloso. No aparelho de Golgi, o peptídeo é clivado, resultando em um neurotransmissor ativo, sendo eliminado por meio de uma vesícula na cisterna trans dessa organela (Fig 1). O neurotransmissor é transportado até o terminal axonal, onde são armazenados. Já os precursores de neurotransmissores aminoácidos e aminas são ativados por enzimas no citosol. Neste caso, são os transportadores proteicos que carregam os neurotransmissores para o interior da vesícula sináptica no terminal axonal onde serão armazenados (BEAR, 2010).

FIGURA 1 - Imagem demonstrando o precursor peptídico sintetizado no retículo endoplasmático granuloso até resultar em um neurotransmissor ativo.



Fonte: www.google.com.br.

A liberação dos neurotransmissores é desencadeada pela chegada do potencial de ação ao terminal axonal e a quantidade de neurotransmissor liberado depende diretamente do influxo de Cálcio. A despolarização da membrana do terminal axônico provoca a abertura de canais sensíveis à voltagem nas zonas ativas, fenômeno semelhante aos canais de sódio dependente de voltagem. A partir daí, os canais são permeáveis aos íons Cálcio (Ca^{2+}). Vale lembrar que a concentração dos íons cálcios no citosol é muito baixa e, quando os canais de cálcio voltagem dependente se abrem, há um grande influxo de íons cálcio para a face interna da membrana axonal gerando uma corrente elétrica. O cálcio tem outra função muito importante no neurônio: quanto maior a concentração extracelular do cálcio, menor é a permeabilidade do sódio na membrana neuronal, ou seja, há uma queda na excitabilidade dos canais de sódio. É por isso que quando há uma hipercalcemia, ocorre uma depressão do sistema nervoso, e o inverso também acontece com uma hiperexcitabilidade do sistema nervoso (BEAR, 2010).

As vesículas liberam seus conteúdos por meio da exocitose. Para que esse processo ocorra, a membrana da vesícula sináptica funde-se com a membrana pré-sináptica e, assim, permite que os conteúdos das vesículas sejam liberados para a fenda sináptica. Uma particularidade da liberação de neurotransmissores peptídicos é que os grânulos secretores se encontram fora das zonas ativas. Portanto, para que ocorra a liberação desses neuropeptídeos são necessárias ondas de alta frequência. Ao contrário pode-se notar para a liberação dos neurotransmissores de aminoácidos e aminas que é um processo lento (BEAR, 2010).

Os neurotransmissores liberados na fenda sináptica se ligam aos receptores pós-sinápticos como uma chave em uma fechadura e afetam esses neurônios. Embora haja mais de 100 tipos de receptores, podemos dividir os receptores pós-sinápticos em dois grupos principais: os canais iônicos ativados por neurotransmissores e os receptores acoplados à proteína G. Os canais iônicos ativados por neurotransmissores são proteínas transmembranas, que recebem em seus sítios específicos os neurotransmissores, induzindo uma mudança conformacional, o que provoca a abertura do canal. As consequências funcionais desse episódio dependem dos íons que atravessam o canal (BEAR, 2010).

Já os canais iônicos ativados por neurotransmissores não apresentam a mesma seletividade iônica que os canais iônicos dependentes de voltagem. Se o íon provocar uma despolarização, como o íon sódio (Na^+), a ação será excitatória e o fenômeno é denominado potencial excitatório pós-sináptico. Se o íon causar uma hiperpolarização, como o íon cloreto (Cl^-), a ação será inibitória, e o fenômeno denominado potencial inibitório pós-sináptico. Nos receptores acoplados à proteína G acontece a transmissão química rápida (fibras musculares), que é mediada por neurotransmissores aminoácidos e aminas. Dois exemplos de receptores acoplados à proteína G acontecem no coração e no músculo esquelético. No primeiro caso, o receptor de acetilcolina é acoplado por uma proteína G a um canal de potássio. A abertura do canal de potássio hiperpolariza as fibras cardíacas. Já no músculo esquelético,

o receptor é um canal iônico cuja abertura despolariza as fibras musculares, ativado pela acetilcolina e permeável ao íon sódio (Na^+) (BEAR, 2010).

Após a transmissão da informação, é necessária a reciclagem e degeneração dos neurotransmissores. Tal fato é importante em evitar alguns distúrbios, como por exemplo, a dessensibilização nas junções neuromusculares, ou seja, apesar da presença de acetilcolina na fenda sináptica, os canais iônicos ativados por neurotransmissores permanecem fechados. Para evitar a contínua presença dos neurotransmissores na fenda sináptica, os neurônios lançam mão de algumas técnicas:

- 1) Difusão dos neurotransmissores para longe das sinapses absorvidos por astrócitos;
- 2) Os receptores aminoácidos e aminas são transportados, por meio de enzimas transportadoras, de volta para o interior do neurônio a receptação pré-sináptica;
- 3) Degradação dos neurotransmissores na fenda sináptica. É assim que a acetilcolina é eliminada das junções neuromusculares.

1.4 VAMOS ENTENDER AGORA O QUE É INTEGRAÇÃO SINÁPTICA?!!!

1.4.1 Princípios da Integração Sináptica

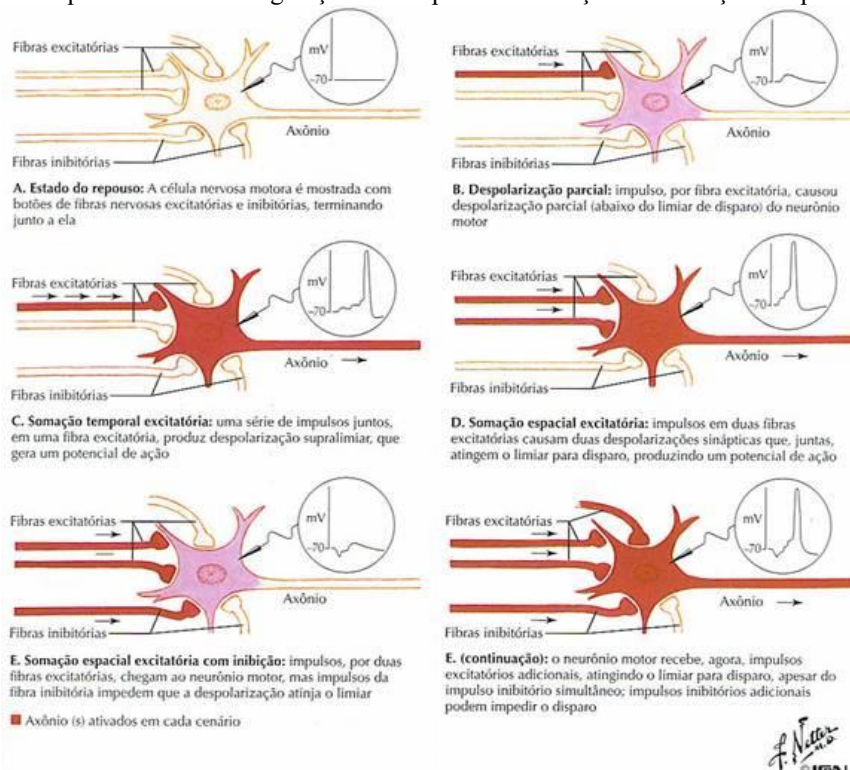
Primeiramente, vamos supor um neurônio multipolar do sistema nervoso central. Esse neurônio está recebendo em seus dendritos, no soma e no próprio axônio (tanto no cone, quanto na parte distal do axônio) diversos estímulos químicos. Esses estímulos são excitatórios, como o potencial excitatório pós-sináptico, e inibitórios, como o potencial inibitório pós-sináptico. Esses processos, excitatórios e inibitórios, são importantes, pois uma única despolarização, no dendrito ou no soma, dificilmente chegaria ao cone axonal com um potencial suficiente, de -45 mV, para abrir os canais de sódio dependentes de voltagem e gerar uma corrente no axônio pós-sináptico. Isso acontece porque as correntes geradas nessas regiões são decrementais, ou seja, vão se perdendo ao longo do trajeto.

No intuito de driblar a dificuldade em gerar um potencial de ação na membrana axonal pós-sináptica, o neurônio lança mão de duas “armadilhas”: a somação temporal e a somação espacial. Vamos entendê-las?

Primeiramente, vamos explicar o que significa essa somação temporal. Suponha que ocorra uma despolarização de $+30$ mV no dendrito do neurônio (Fig. 2). Essa despolarização desvia o potencial de repouso de -70 mV para -35 mV. Essa corrente vai chegar ao cone axonal com um valor muito menor. Vamos supor que chegue ao valor de $+2$ mV. Repito, isso acontece porque a corrente se perde ao longo do trajeto. Essa despolarização é insuficiente para gerar um potencial de ação, que deveria aumentar de -70 mV para -45 mV. Porém, para que a membrana do neurônio se repolarize pode levar até 15 milissegundos. Lembrando que não estamos falando de um potencial de ação, em que a membrana leva 01 milissegundos para repolarizar. Aqui a repolarização é mais lenta porque ocorre o

extravasamento de íons potássio. Quinze milissegundos é bastante tempo para o neurônio, pois ele consegue emitir um potencial de ação a cada milissegundo, a uma frequência de 1000 Hertz. Portanto, nesse tempo daria para gerar até 15 potenciais de ação (15 transmissões sinápticas) que manteriam a região ativa e os canais dependentes de voltagem abertos, acumulando uma enxurrada de neurotransmissores. Como isso, vários potenciais de ação são gerados na região ativa pelo neurônio que gerou o primeiro potencial de +30 mV. Suponha que ele emita +30 mV, logo após +20 mV, e depois +25 mV, e assim sucessivamente. Esses disparos vão se acumulando até chegar a um ponto em que o potencial será suficiente para gerar, no cone axonal, uma despolarização de -45mV, acarretando um potencial de ação ao longo do axônio pós-sináptico.

FIGURA 2 - Esquema ilustrando a geração de um potencial de ação e a somação temporal e espacial.



Fonte: Netter (2011).

Já na somação espacial acontece o seguinte episódio: o neurônio é bombardeado por todos os lados por neurotransmissores que geram potencial excitatório pós-sináptico e potencial inibitório pós-sináptico. Geralmente, o potencial excitatório é gerado nos dendritos, enquanto o potencial inibitório é gerado no corpo celular. Suponha que dezenas de neurônios pré-sinápticos estejam fazendo derramamento de neurotransmissores excitatórios nos dendritos. A chance dessa excitabilidade gerar um potencial de ação no cone axonal do neurônio pós-sináptico aumenta exponencialmente. Porém, ao mesmo tempo em que há neurotransmissores gerando potencial excitatório pós-sináptico, há neurotransmissores no corpo celular gerando um potencial inibitório pós-sináptico.



Muitas vezes o potencial excitatório é insuficiente para chegar ao cone axonal pós-sináptico e gerar um potencial de ação. Porém, se há um potencial excitatório mais próximo ao cone celular e/ou um número superior de neurônios pré-sinápticos lançando neurotransmissores excitatórios nos dendritos neuronais, o potencial pode vencer o potencial inibitório pós-sináptico e chegar ao cone axonal com um potencial suficiente para gerar um potencial de ação. Vale lembrar que na somação temporal o potencial inibitório pós-sináptico também está presente.

1.5 E AGORA? FICOU COMPLICADO? VAMOS TENTAR RESUMIR...

Vamos voltar ao nosso exemplo resumindo todo o processo. Em nossa suposição, o neurotransmissor gerou um potencial de +30 mV no dendrito. A maior parte do potencial é dissipado no próprio dendrito, porque o corpo celular é maior e dificulta a dissipação da corrente. Agora vamos supor que o potencial chegue ao corpo celular com uma potência de +15mV. Entre os neurônios há potenciais inibitórios pós-sinápticos se confrontando com os excitatórios, o que leva a diminuição ainda maior do potencial excitatório. Quando essa corrente chega ao cone axonal, o potencial é de +2mV, de acordo com nosso exemplo arbitrário. Esse potencial é insuficiente para abrir os canais de sódio voltagem dependente e insuficiente para gerar um potencial de ação.

O neurônio, a cada milissegundo, tem a função de decidir: realizar o disparo do potencial de ação ou não realizar o disparo do potencial de ação. Essa é a linguagem dos neurônios. A integração sináptica é exatamente a combinação de todos os impulsos a fim de realizar ou não um potencial de ação que percorre o axônio e libera neurotransmissores para outros neurônios, propagando, assim, a informação gerada. Portanto, assim como nos softwares, os neurônios seguem a linguagem binária: quando ele se encontra em repouso, seu estado é 0; e quando é gerado um potencial de ação, seu estado é 1. Assim, a cada milissegundo, o neurônio pode estar no estado 0 ou no estado 1 e isso é chamado de 1 bit de informação.

Vale a pena saber!!!

Um determinado neurônio pode deprimir intensamente o derramamento de neurotransmissores na fenda sináptica. A via da dor e o sistema opioide endógeno é um exemplo de depressão na liberação de neurotransmissores. Quando os peptídeos opióides endógenos são liberados na fenda sináptica através da conexão axoaxonais, ocorre o bloqueio dos canais de cálcio devido a ação nos receptores mioopióides, e assim, a mensagem da dor é bloqueada e o indivíduo não perceberá nenhuma sensação dolorosa.

Entender as sinapses é fundamental para compreender a sinalização neuronal e os processos fisiológicos e patológicos do sistema nervoso, bem como os processos referentes a consciência humana!!!



2 A PERCEPÇÃO HUMANA E SUAS BASES SENSORIAIS

2.1 COMPREENDENDO A PERCEPÇÃO HUMANA, SUAS CARACTERÍSTICAS E DESORDENS

Ao iniciarmos o estudo da percepção humana nos deparamos com o seu conceito. Percepção é a capacidade de associar as informações sensoriais à memória e à cognição, de modo a formar conceitos sobre o mundo, sobre nós mesmos e orientar nosso comportamento. Deste conceito, entendemos que a percepção é um fator dependente dos sentidos, da memória, da cognição e do comportamento. Cada objeto produz uma imagem visual diferente e é reconhecido de diferentes formas pelos órgãos sensoriais, entretanto, para a percepção ele se trata do mesmo objeto. Este é o conceito de Constância Perceptual, uma importante propriedade do sistema nervoso.

O sistema sensorial inicialmente promove a fase analítica do objeto (reconhecimento das propriedades próprias do objeto). Após este processo, ocorre a fase sintética, em que é reunido as partes e as propriedades de cada objeto, apresentando para a memória e a cognição. A deficiência no processo de percepção é denominada agnosia. Nesta deficiência o indivíduo se utiliza com sucesso de seus sentidos, contudo é incapaz de reconhecer ou nomear os objetos. Sua causa geralmente está relacionada a lesões do córtex cerebral.

O estudo de pacientes com agnosia revelou que as principais áreas relacionadas com a percepção são o córtex parietal posterior, córtex ífero-temporal e a face lateral do lobo occipital. Estas áreas são conhecidas como o córtex associativo.

2.2 VAMOS VOLTAR AO CAPÍTULO ANTERIOR E REVER AS PARTES DO ENCÉFALO!!!

No estudo das vias relacionadas com a percepção de objetos, foi evidenciado a presença de diversas vias dentro de cada sentido. O sentido mais estudado é o sentido da visão e, desta forma, ele será o mais detalhado dentro deste texto. Na visão, tem sido descrita as cinco vias que identificam as propriedades diferentes de cada objeto (de V1 a V5). A via V1 identifica simples formas geométricas. A área V4 contém neurônios sensíveis ao comprimento de onda dos estímulos luminosos, ou seja, é responsável pela discriminação da cor. Já a área V5 é sensível ao movimento. A divisão das vias da visão é evidenciada desde a retina e acompanha a via visual através do tálamo, córtex visual primário e regiões adjacentes.

Através do entendimento das diversas vias decompositoras do objeto, os americanos Leslie Ungerleider e Mortimer Mishkin propuseram a divisão da via da percepção da visão em via ventral e via dorsal. A via dorsal é responsável pela percepção espacial (área V5 do córtex temporal através de V1, V2 e V3). Já a via ventral é responsável pela percepção de formas e cores (conecta área V4 do córtex temporal através de V1, V2 e V3). Desta forma, podemos reconhecer que a via ventral permite

o reconhecimento dos objetos visuais e a via dorsal permite identificar as três dimensões dos objetos e como eles se relacionam entre si e com o observador.

Apesar desta divisão paralela das vias, é conhecido que elas possuem inúmeras conexões recíprocas entre elas e entre as áreas homólogas de diferentes hemisférios. Por exemplo, foram identificados neurônios V5 ativados por estímulos coloridos se movendo no fundo de outra cor (com mesmo brilho).

Note a complexidade envolvida nos órgãos do sentido!!! Lembre-se na importância deles no reconhecimento dos objetos!!!

2.3 A PERCEPÇÃO SENSORIAL E O RECONHECIMENTO DE OBJETOS

Para reconhecer os objetos, partimos do pressuposto de que o sistema nervoso é capaz de separar diferentes objetos de uma mesma cena e os manter constantes (mesmo com o movimento de outros objetos na cena). Tendo em vista a distribuição das conexões já descritas, acredita-se que o fluxo principal da informação visual vai de V2 a V2, posteriormente a V4 na superfície lateral e ventral do córtex e depois para as regiões do córtex ínfero-temporal, de onde ela vai ser distribuída para outras regiões ligadas à memória e às emoções. Portanto, entende-se que no córtex ínfero-temporal ocorre a associação das informações da via ventral com a dorsal, assim formando imagens complexas como estrelas e meias luas, por exemplo. Após esta ocorrência, as imagens finais são checadas na memória e posteriormente irão orientar o comportamento do indivíduo.

Como foi descrito, a via ventral é responsável pela identificação da forma, da cor ou da textura dos elementos visuais, ou seja, ela é responsável pela assimilação dos elementos invariáveis do objeto. Estes elementos são de extrema importância, pois são eles que são comparados à memória para o reconhecimento final da peça. Apesar do entendimento da divisão das funções perceptuais, o psicólogo norte-americano Charles G. Gross encontrou no córtex ínfero-temporal de macacos alguns neurônios capazes de responder seletivamente a mãos e faces. Os denominados neurônios gnósticos são um possível achado que nos remete a uma teoria reducionista, na qual existiriam neurônios especializados para cada objeto identificável. Entretanto, esta teoria é improvável diante da grande quantidade de itens identificáveis, mas ela nos leva a reconhecer que ainda não sabemos em que ponto do sistema nervoso ocorre a síntese final do objeto.

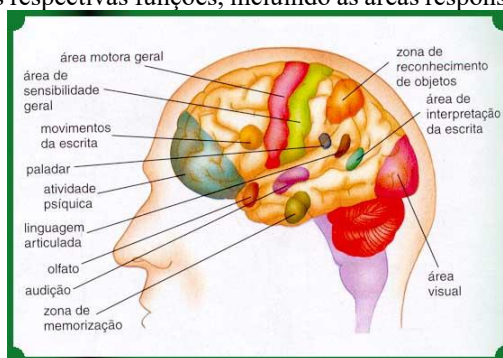
Desta forma, quanto ao reconhecimento da região ativada em cada etapa, podemos apenas distinguir a participação do giro fusiforme do lobo temporal inferior no reconhecimento de objetos e faces; do hipocampo no reconhecimento de faces, objetos em geral e de material verbal escrito; e da porção posterior da superfície ventral do lobo temporal na percepção das cores.

2.4 VAMOS ENTENDER AS FORMAS DE PERCEPÇÃO DE UM OBJETO ATÉ A COMPLETA FORMAÇÃO DE SUA IMAGEM NO CÉREBRO!!!

2.4.1 Percepção espacial do objeto

Para a compreensão da localização do objeto é preciso a coordenação de informações sensoriais e motoras. Esta associação é feita pelas áreas parietais posteriores do córtex cerebral (Fig. 3), que é uma área de convergência de fibras provenientes de regiões motoras, somestésicas e visuais. Nesta área, a resposta dos neurônios é fortemente influenciada pela atenção. Nela também se identifica grande número de neurônios-espelhos, os quais participam do aprendizado motor obtido através da observação visual e imitação de atos motores realizados por outras pessoas. Pacientes com lesões nesta região apresentam a síndrome da indiferença. Esta síndrome se apresenta com o quadro do paciente de ignorar tudo o que se passa de um lado de sua visão (mais comum do lado esquerdo pois a lesão mais comum é no hemisfério direito).

FIGURA 3 - Regiões cerebrais e suas respectivas funções, incluindo as áreas responsáveis pelo reconhecimento de objetos.



Fonte: <http://www.sogab.com.br/anatomia/sistemanervosojonas.htm>.

2.4.2 Percepção auditiva

O conhecimento sobre a percepção auditiva é menos amplo do que sobre a percepção visual. Isto vem da facilidade de se estudar a percepção visual e da dificuldade em estudar a auditiva, diante do fato de que ela não reflete exatamente a realidade sonora do ponto de vista físico, ou seja, há uma variação entre o som emitido pela fonte sonora, a percepção do indivíduo e ainda a variação entre diferentes pessoas. Apesar do conhecimento ser extremamente limitado, foi identificado também que este sistema possui duas vias paralelas.

Dentre as vias nós temos a via auditiva ventral, que se acredita ser responsável pela análise e depois síntese das características do som (identificação do timbre, da melodia, das palavras e das frases). Esta via apresenta uma sequência de fluxo de informações partindo de A1 (área auditiva primária) para o cinturão auditivo lateral, posteriormente para o cinturão auditivo e, por fim, para uma série de regiões do córtex temporal. A outra via é a via auditiva dorsal, a qual seria responsável pela identificação da origem do som, determinando uma associação entre o sistema auditivo e o sistema



motor. Esta via dirige o fluxo de informações de A1 para regiões do córtex frontal (incluindo regiões motoras).

2.5 O PROCESSO DE ATENÇÃO E A CONSCIÊNCIA HUMANA

A atenção é o processo de focalização da consciência, concentrando os processos mentais em uma única tarefa principal e deixando as outras para segundo plano. Este processo só é possível nossa capacidade de sensibilizar seletivamente um conjunto de neurônios de certas regiões cerebrais responsáveis pela execução da tarefa principal, inibindo as demais. Portanto, os princípios da atenção são: a criação do estado geral de sensibilização denominado alerta e a focalização do estado de sensibilização sobre determinado processo neurológico. Desta forma, podemos dividir a atenção em mental ou cognição seletiva e em atenção sensorial ou percepção seletiva.

A atenção pode ser também subdividida em explícita, quando o foco da atenção coincide com a da fixação visual e o objeto foco de atenção está presente no centro da fóvea, e em implícita, quando o foco da atenção não coincide com o foco da visão, estando em regiões periféricas. A atenção explícita é uma operação automática e costuma permanecer durante maior parte do dia. Já a implícita é uma operação voluntária e tende a ser utilizada em casos especiais.

Para explicar a sensibilização das áreas de atenção foram feitos experimentos de registro de potenciais do eletroencefalograma e de campos magnéticos. Eles revelaram que a focalização atencional provoca aumento na amplitude dos sinais registrados nos neurônios pertencentes à via sensibilizada, escolhida pela vontade do indivíduo. Esta resposta ocorre em todas as áreas corticais estudadas no sistema visual, entretanto, ela é mais forte nas áreas associativas (como V4 e no córtex ínfero-temporal).

Verificou-se também que o núcleo pulvinar (situado no tálamo) possivelmente é uma estrutura importante na modulação da atenção. Este entendimento vem do conhecimento de que ele possui conexões recíprocas com praticamente todas as áreas sensoriais e sua lesão ou tratamento farmacológico com agonistas e antagonistas gabaérgicos provoca alterações atencionais no indivíduo. Outra estrutura que vem sendo relacionada com a atenção é o campo ocular frontal, uma área do córtex frontal envolvida com o planejamento do movimento ocular. Ela está relacionada pois programa movimentos sacádicos oculares, os quais são utilizados para a movimentação do foco atencional explícito.

Dicas de leitura

Leia o artigo científico para entender um pouco mais sobre a remodelação óssea.

GONÇALVES, L. A.; MELO, S. R. A base biológica da atenção. Arq. Ciênc. Saúde Unipar, Umuarama, v. 13, n. 1, p. 67-71, jan./abr. 2009. Disponível em: <http://revistas.unipar.br/saude/article/viewFile/2800/2086>.

3 O ESTUDO DA MENTE HUMANA FRENTE ÀS REAÇÕES EMOCIONAIS

3.1 A MENTE HUMANA E A RELAÇÃO ENTRE RAZÃO E EMOÇÃO

Para compreendermos o estudo das emoções e da razão devemos partir do pressuposto de que ambas são operações mentais acompanhadas de uma experiência interior e são capazes de orientar o comportamento e realizar os ajustes fisiológicos necessários. Tanto a razão quanto à emoção são aspectos de um mesmo organismo contínuo, denominado de mente. Em seu extremo racional, é apresentado o pensamento lógico e o cálculo mental, e em seu extremo emocional, a agressividade e o prazer. Entre estes extremos existem ocorrências como o ajuste social, a apreciação e a tomada de decisões.

3.2 VAMOS APRENDER UM POUCO MAIS SOBRE A EMOÇÃO HUMANA?!!

Para compreendermos a fisiologia da emoção é importante a conceituação da mesma. Desta forma, podemos considerar que a mente é uma experiência subjetiva acompanhada de manifestações fisiológicas e comportamentais detectáveis. As emoções possuem utilidades dentro da vida de um indivíduo. São elas: a sobrevivência do indivíduo, a sobrevivência da espécie e a comunicação social. Dentre as emoções, cada uma tem uma utilidade fundamental e uma alteração diferente. As principais emoções são: a alegria e a tristeza, o amor e o ódio, o encantamento, a agonia, o desprezo, o desespero, o pânico, a inveja e o medo. Desta forma, o único elemento em comum entre as diversas emoções é o reforço, ou seja, é o prolongamento ou interrupção de uma experiência emocional por um estímulo positivo (prazeroso) ou negativo (desagradável).

Podemos dividir as emoções em dois grupos: as positivas, que trazem o prazer como o amor, à alegria e o encantamento; e as negativas, que trazem o desprazer, como o medo, a agonia, o ódio e a tristeza. Também é possível fazer uma divisão das emoções em primárias, secundárias e emoções de fundo. As emoções primárias são inatas e existem em todas as pessoas. São elas: a alegria, a tristeza, o medo, o nojo, a raiva e a surpresa. Já as secundárias são influenciadas pelo contexto social e cultural, ou seja, são aprendidas, como a culpa, a vergonha e o orgulho. E as emoções de fundo são as emoções que referem estados gerais de bem-estar ou mal-estar, sendo elas: a ansiedade, a apreensão, a calma e a tensão. Este subtipo é influenciador das emoções primárias e secundárias e estão relacionadas com o conjunto das informações que nosso corpo veicula ao cérebro pelo sistema somestésico interoceptivo ou protopático.

3.2.1 Como as emoções são expressadas?

Cada emoção possui um padrão característico (mas não exclusivo) de manifestações fisiológicas, os quais sofrem alterações pela individualidade de cada um. Estas manifestações emocionais são respostas autonômicas e podem promover alterações comportamentais, as quais podem



ser estereotipadas como o choro, ou complexas, como a atitude de um indivíduo cheio de energia. As respostas autonômicas e comportamentais que ocorrem logo após uma emoção são chamadas de respostas emocionais imediatas e normalmente estão relacionadas apenas ao fator disparador. Já as manifestações que se tornam crônicas (por um distúrbio afetivo ou uma permanência de dos estímulos disparadores) se relacionam com alterações imunitárias e hormonais.

3.2.2 Relembre os tópicos sobre o Sistema Límbico? Vamos, agora, rever alguns detalhes sobre ele relacionados às emoções!!!

O sistema límbico, definido como um conjunto de regiões localizadas na face medial dos hemisférios e no diencéfalo inclui o córtex cingulado, o hipocampo, a amígdala, o hipotálamo e os núcleos anteriores do tálamo. Este sistema está fortemente interligado com as emoções e com as associações entre as emoções e outras funções cerebrais. O córtex cingulado recebe diversas projeções de outras regiões corticais associativas e, desta forma, forneceria base para a experiência subjetiva das emoções. Já o hipocampo possui limitada ação dentro das emoções, pois sua função está relacionada com a consolidação da memória explícita, processo esse que está ligado a fatores emocionais (como descrito previamente no capítulo de memória). O hipotálamo é a região de controle das manifestações fisiológicas das emoções. Os núcleos do tálamo estão pouco estudados, mas o consideram como influente na fisiologia das emoções. E a amígdala atua como um disparador e modulador de toda a experiência emocional.

3.3 POR QUE ISSO É IMPORTANTE? VAMOS ENTENDER ALGUMAS CARACTERÍSTICAS COMPORTAMENTAIS QUE ESTÃO PRESENTES NO NOSSO COTIDIANO PESSOAL E PROFISSIONAL!!!

3.3.1 Neurofisiologia e o comportamento frente ao medo

O medo é um sentimento iniciado por diversos estímulos. Alguns produzem o medo sem nenhum contexto prévio (medo incondicionado), como sons muito altos e súbitos e estímulos visuais muito grandes. Já outros estímulos (condicionados) estão associados a situações ameaçadoras prévias, como o latido de um cachorro em pessoas que sofreram um ataque desses animais. A emoção do medo pode ser de passagem rápida (um susto) ou lenta. Esta diferenciação depende do estímulo, o qual pode se mostrar ameaçador durante alguns breves momentos ou durante um período maior. Em alguns momentos, o estímulo pode ser virtual, ou seja, não existente (como a tensão de uma prova). Nesses estímulos, o medo prolonga-se ainda mais, o que promove um estado contínuo de tensão e estresse, denominado ansiedade. A ansiedade intensa em um indivíduo é uma patologia denominada de síndrome do pânico, que se apresenta como uma sensação de morte iminente sem causa externa

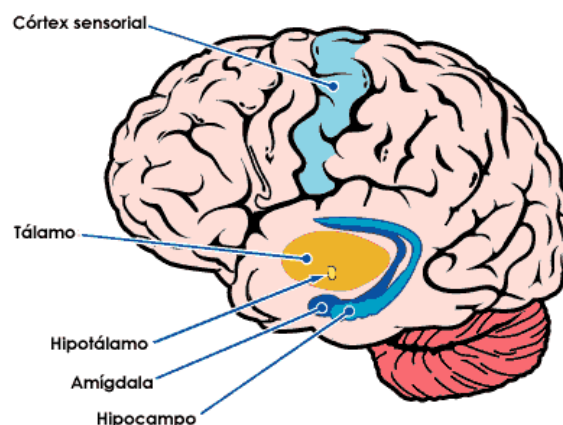
identificável. Portanto, podemos raciocinar que o medo é um sentimento de defesa contra uma ameaça, o qual varia entre o susto e a ansiedade.

As manifestações do medo estão ligadas a preparar o organismo para um esforço físico intenso e que poderá resultar numa luta ou fuga. A atuação autonômica está ligada ao sistema autônomo simpático. O indivíduo se torna extremamente alerta, em postura defensiva, com musculatura do tronco tensa e com braços semifletidos em frente ao corpo. Apresenta uma reação barulhenta (grito) como indicativo de disposição para o enfrentamento, a frequência cardíaca aumenta, ocorre vasoconstrição cutânea (direcionando fluxo de sangue para os músculos e SNC), aumento da frequência respiratória para oxigenação do corpo, cessa peristaltismo digestivo (diminuição do gasto energético), sudorese e piloereção (aumento das trocas de calor), além do aumento dos linfócitos circulantes e aumento da produção e acúmulo de glicose.

Como foi estudado, o complexo amigdalóide é uma importante região para as emoções. Ele é formado por um grupo basolateral, um grupo central e um grupo corticomedial. O grupo basolateral recebem projeções do tálamo auditivo e visual, desta forma, é a região mais possível de receber os estímulos formadores do medo. O grupo basolateral emite projeções para o grupo central, o qual os axônios emergem para o hipotálamo e os núcleos bulbares, que estão relacionados com as manifestações fisiológicas do medo. O grupo central também se comunica com a grisea periaquedutal no mesencéfalo, que é a organizadora das alterações comportamentais relacionadas ao medo.

Os estímulos não condicionados geralmente são diretamente enviados dos órgãos sensoriais para a amígdala (Fig. 4). Contudo, os estímulos complexos (geralmente condicionados) são primariamente processados pelo córtex cerebral. Os estímulos visuais passam pelo córtex ífero-temporal e pelas regiões associativas do lobo temporal medial; e os estímulos auditivos passam pelo córtex do giro temporal superior. Ocorre também, quando o estímulo é ainda mais complexo, o processamento no córtex pré-frontal e cingulado.

FIGURA 4 - Partes do cérebro envolvidas na reação ao medo.



©2005 HowStuffWorks

Fonte: <http://pessoas.hsw.uol.com.br/medo.htm>.

O medo condicionado é uma forma de memória implícita, dependendo inteiramente da interação da amígdala e com capacidade de neuroplasticidade (principalmente de potenciação de longa duração). Entretanto, a atuação da amígdala não se resume a este ponto na memória. Ela também é responsável pela modulação da memória explícita de acordo com estímulos emocionais (associação amígdala e córtex em torno do hipocampo).

As emoções são ocorrências autonômicas, contudo, elas podem ser moduladas pelo uso da razão, ou seja, pela atuação do córtex pré-frontal, que pode alterar o comportamento para favorecer a situação. As evidências desta atuação estão presentes em experimentos com neuroimagens, as quais mostram uma ativação do córtex pré-frontal quando o indivíduo tenta conter suas emoções e uma consequente diminuição da ativação do complexo amigdalóide. Um fato curioso nesta ação é que o córtex pré-frontal do hemisfério direito está relacionado com as emoções negativas e do hemisfério esquerdo com emoções positivas. A atuação do córtex pré-frontal também ocorre na maneira em que o indivíduo lida com as emoções, pois esta função é desenvolvida pelo córtex pré-frontal ventromedial e no córtex orbitofrontal.

3.4 NEUROFISIOLOGIA E SUA ASSOCIAÇÃO COM A ANSIEDADE E O ESTRESSE

Como já discutido, em algumas circunstâncias o medo se torna crônico, como em casos de estímulo incondicionado que se mantém por perto, estímulos condicionados que se mantêm contínuos, expectativas futuras de perigo e situações prolongadas de estresse. Nesses casos, é desenvolvido um processo de ansiedade. Os ajustes fisiológicos tanto no estado de estresse, quanto no estado de ansiedade extrapolam a atuação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), pois este ramo do sistema nervoso promove uma estimulação da medula da glândula adrenal, a qual produz os hormônios adrenalina e noradrenalina, que são simpatomiméticos, ou seja, simulam a atuação do SNA simpático. Desta forma, a ação dos hormônios promove um aumento e prolongamento na resposta esperada pelo medo.

A alta concentração destes hormônios simpatomiméticos estimula o hipotálamo a liberar o hormônio adrenocorticotrófico, que irá excitar o córtex da adrenal. Esta excitação faz este órgão endócrino promover uma liberação sistêmica de glicocorticóides, os quais são atuantes promovendo gliconeogênese, o acúmulo de glicose e glicogênio no fígado e a diminuição das respostas imunitárias e inflamatórias.

3.5 NEUROFISIOLOGIA DA RAIVA E AGRESSÃO

A raiva é a emoção que determina o comportamento da agressão, seja ela por causa defensiva (relação com o medo) ou ofensiva. As manifestações fisiológicas não são muito diferentes das que ocorrem no medo. Observa-se um aumento da frequência cardíaca e respiratória, aumento da pressão

arterial e da oxigenação do sangue e ocorre piloereção e sudorese. A diferença fisiológica é que durante o medo pode ocorrer micção e defecação. Tais ocorrências são raras durante a raiva. Já quanto ao comportamento, a raiva promove a realização de gestos e movimentos agressivos e geralmente ofensivos, como a aproximação e o ataque ao oponente.

Assim como o medo, a região responsável pelo disparo inicial da agressão é a amígdala, a qual a partir de suas conexões com o hipotálamo (no caso entre o hipotálamo posterior medial e a grisea periaquedutal; e entre o hipotálamo posterior ventral e a área tegumentar ventral) promove o comportamento de ataque. Apesar de ser difícil a diferenciação dos fatores influenciadores, considera-se que são eles: influências biológicas, hormonais e sociais. Dentro da influência hormonal, existem diversos hormônios andrógenos (principal a testosterona) responsáveis pelo aumento da agressividade.

Quanto à análise biológica da agressão, temos que ela é dependente do gene Sry presente no cromossomo Y em homens e do gene Sts presente no cromossomo X em mulheres. Entretanto, a presença do cromossomo não é definitiva para o comportamento agressivo. A serotonina é sintetizada por neurônios do tronco encefálico, cujas fibras ascendem às regiões superiores (córtex cerebral) formando circuitos que controlam o disparo do comportamento agressivo. A serotonina é reconhecida por receptores pós-sinápticos específicos que ativados no córtex promovem o bloqueio dos comportamentos agressivos. Desta forma, notamos que a ação da razão (ação cortical) interfere fortemente na limitação do comportamento agressivo. Portanto, podemos concluir que indivíduos com predisposição genética para agressividade e com ambiente social violento têm tendências a possuírem comportamentos agressivos inapropriados.

3.6 NEUROFISIOLOGIA DAS EMOÇÕES POSITIVAS E DA RAZÃO

O estudo das relações de prazer é extremamente limitado. Contudo, é conhecido que o núcleo acumbente relacionado com áreas corticais como o córtex insular, o cíngulo anterior e orbitofrontal, estão relacionados com a promoção de ações de riso e euforia. É conhecido também a ação da dopamina, um neurotransmissor que liga a área tegmentar ventral do mesencéfalo aos núcleos da base, cuja ação está relacionada com os comportamentos consumatórios, portanto, atuando no consumo compulsivo de drogas e alimentos.

3.6.1 Mas frente a tantas emoções, como fica nossa razão?

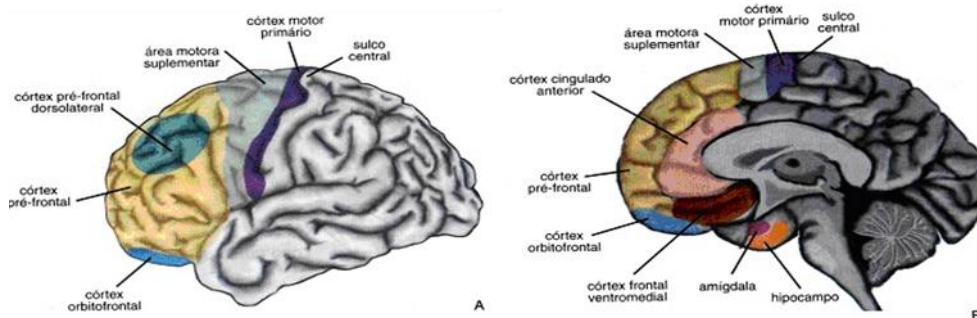
A razão é sinônima de cognição, uma função cerebral que possibilita o controle cognitivo, ou seja, possibilita a elevação de seus pensamentos e ações a um nível acima de apenas reações ao ambiente, tornando-os abstratos e proativos. Portanto, o controle cognitivo permite antecipações do futuro, coordenando ações e pensamentos. Esse controle é uma ação cerebral de alta complexidade,

pois envolve receber, processar e interpretar uma infinidade de informações que entram pelos canais sensoriais vertiginosamente e sob sucessão temporal.

As ações inteligentes (sob influência da cognição) se diferem das ações automáticas (somente informações ascendentes) pela presença de informações descendentes, ou seja, informações controladas por nossas vontades e pensamentos. Dada a complexidade da cognição, podemos refletir que ela necessita de uma eficiente coordenação de diversos processos cerebrais. Esta coordenação é feita pelo córtex pré-frontal, que atua como um polo de convergência comunicando-se com inúmeros sistemas sensoriais e motores. Este polo é responsável também pela seleção das informações (pela atenção), pela memória operacional e pela gerência do fluxo de informações.

O córtex pré-frontal situa-se no lobo frontal, anteriormente às regiões motoras, ocupa 25% do córtex humano e é constituído de uma dezena de áreas citoarquitetônicas. Ele possui 5 regiões funcionais: as regiões ventromedial e orbitofrontal, relacionadas com o planejamento de ações, o raciocínio, o ajuste social do comportamento e o processamento emocional; a região ventrolateral, encarregada da memória operacional; a região dorsolateral, responsável pela manipulação cognitiva dos dados da memória operacional; e a região cingulada anterior, que está envolvida com as emoções e com a atenção (Fig. 5).

FIGURA 5 - A figura acima mostra regiões cerebrais chave, por meio de uma tomada lateral (A) e de uma tomada medial(B). Há várias sub-regiões do córtex frontal, incluindo o córtex pré-frontal. Este é formado por sub-regiões distintas, dentre elas, destacam-se o córtex pré-frontal dorsolateral, fundamental para o funcionamento cognitivo; o córtex orbitofrontal, envolvido na regulação de impulsos e tomada de decisão; e o córtex cingulado anterior, implicado na atenção seletiva.



Fonte: Reproduzido de Stahl, S. M. Psicofarmacologia: bases neurocientíficas e aplicações práticas, 3.ed. RJ: Guanabara Koogan (2010, p. 138).

As ativações das diferentes áreas são feitas por vias distintas. O córtex pré-frontal lateral (dorsal e medial) e o córtex orbitofrontal são ativados durante atividades cognitivas, enquanto o córtex orbitofrontal é ativado durante tarefas relacionadas a recompensas e punições e o pré-frontal lateral é ativado por manipulações de informações e pela memória operacional. Os neurônios desta parte do córtex se mostram multimodais e ativados por estímulos sensoriais. Sua atividade é regulada por receptores dopaminérgicos.

O típico uso da razão baseia-se no raciocínio lógico para a resolução de um problema e a tomada de uma decisão. Para a ocorrência deste processo é necessário inicialmente a focalização da atenção sobre as informações chegadas dos sistemas sensoriais. O córtex cingulado é o responsável por esta etapa, ou seja, ele atua modulando as informações processadas pelo córtex pré-frontal dorsolateral (receptor das informações sensoriais). Posteriormente, ocorre a comparação entre as informações novas e as presentes na memória operacional. Quem promove esta etapa é o córtex pré-frontal lateral (dorsal e ventral). E, por fim, o córtex pré-frontal ventromedial adequa os dados processados, organizando o raciocínio com objetivo do indivíduo, a relação temporal e as circunstâncias sociais.

4 O COMPORTAMENTO HUMANO E SUAS FORMAS DE EXPRESSÃO E COMUNICAÇÃO

4.1 ASPECTOS NEUROBIOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA LINGUAGEM FALADA

Os seres humanos possuem diversas formas de comunicação. Todas envolvem dois indivíduos: um emissor do sinal (que deve ser padronizado entre a comunidade) e um receptor do sinal. São utilizados praticamente todos os órgãos do sistema sensorial para receber e interpretar os sinais produzidos pelo sistema motor de outro indivíduo. Desta forma, podemos definir a linguagem como os sistemas de comunicação com regras definidas que devem ser empregadas por um emissor para que a mensagem possa ser compreendida pelo receptor.

A linguagem pode ser tanto falada quanto escrita. Entretanto, nota-se que todas as línguas possuem comunicação falada e apenas algumas possuem comunicação escrita. Esta característica advém do fato de a fala possuir uma grande base neurológica inata, enquanto a escrita é uma construção cultural cuja aprendizagem depende do ensino. A unidade fundamental da fala é o fonema, que são sons característicos de cada idioma e quando juntos formam sílabas. As sílabas unidas formam palavras, que associadas em frases (respeitando ordens gramaticais adequadas), formam a sintaxe. Por fim, para o entendimento funcional e das relações das palavras e frases ocorre a organização semântica.

A fala é a principal forma de comunicação humana. Ela emprega além das relações comuns a qualquer tipo de linguagem (como a sintaxe e a semântica), a relação entre os sons e os gestos e expressões faciais, os quais fornecem uma base emocional. Esta característica peculiar é denominada de prosódia. O objetivo principal da fala é expressar um pensamento. Desta forma, a fala se utiliza das próprias vias do pensamento para formatação de sua frase. Assim ocorre com comunicações complexas (como o relato de um acontecimento), onde primeiro é consultada a memória para organizar os fatos e os sentimentos, e em seguida, ocorre uma fase de planejamento da fala (com busca das palavras adequadas, busca dos fonemas para formá-las e organização das palavras nas regras sintáticas) e, posteriormente, ocorre a articulação da fala.

4.2 FALAR É FÁCIL!!! E APRENDER COMO ELA OCORRE?!!!

Como descrito anteriormente, a primeira etapa da formação da fala está na busca na memória do indivíduo. Desta forma, partimos do pressuposto de que existam “dicionários internos” denominados léxicons mentais, os quais arquivam vários elementos da linguagem. Dentro de nosso SNC, existem diversos léxicons, cada um organizado de acordo com as informações que armazenam (por exemplo: o léxicom semântico, que chega a ter cerca de 50 mil palavras e expressões idiomáticas). Assim, como qualquer conteúdo mnemônico dos seres humanos, a utilização promove a fixação das informações, portanto, as palavras ou regras semânticas que não utilizamos podem ser esquecidas pelos léxicons.

4.3 ENTÃO É PRECISO A REPETIÇÃO PARA OCORRER A FIXAÇÃO DO CONTEÚDO!!!

O conhecimento topográfico que indica a localização destes centros de memória é baseado em estudos de pacientes com lesões. Os erros semânticos dessas pessoas são típicos de pacientes com lesões rostrais do lobo temporal e os erros sobre instrumentos e objetos em geral são típicos de pacientes com lesões caudais do lobo temporal.

Como evidenciado anteriormente, o fonema é a partícula fundamental da fala. Eles são armazenados nos léxicons e são emitidos sonoramente por movimentos extremamente precisos das estruturas do aparelho fonador, as quais são comandadas pela área cortical M1 do córtex motor. Comparando as diversas línguas, podemos traçar alguns fonemas que são uniformes em diversas delas. Essa uniformidade é uma importante evidência de que a fala é um processo universal e inato do ser humano, pois são considerados acervos inatos de movimentos do aparelho fonador, sendo compreendidos também de modo único no SNC.

O léxicon armazenador dos fonemas é o léxicon fonológico. Sua localização é ainda indefinida, contudo, estudos de imagem funcional revelaram várias áreas ativas em torno do sulco lateral (de Sylvius) do hemisfério esquerdo, envolvendo córtex parietal inferior, giros angular e supramarginal da região entre o lobo parietal e o occipital, o córtex frontal lateral inferior, o córtex temporal superior e também a região de M1. Outro importante achado está no fato do processamento fonológico ocorrer lateralizado à esquerda nos homens e bilateralmente nas mulheres. Esta diferença vem de diversas estratégias de busca de fonemas.

4.4 E COMO OCORRE A CONSTRUÇÃO DAS FRASES?

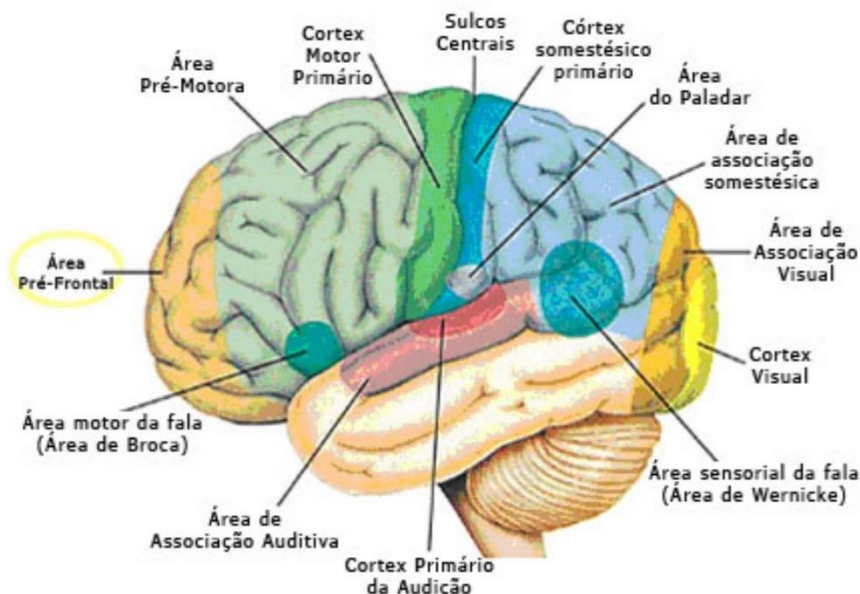
As frases são construídas a partir das regras sintáticas. Apesar de estas regras serem passadas por ensino durante a infância, elas são fortemente fixadas em nossa memória através da observação e de introspecção de padrões notados durante conversas em nossa formação linguística. Esta propriedade é evidenciada através da análise de que não precisamos pensar para emitir frases corretamente.

A construção de frases começa com a fase de conceitualização, onde planejamos o conteúdo de nossa mensagem (macroplanejamento da fala). As regiões envolvidas nesta etapa são desconhecidas, apesar de serem chamadas de conceitualizadoras, pois realizam uma busca ao léxico semântico para encontrar conceitos apropriados para nosso objetivo.

A segunda etapa é a formulação, que corresponde a busca de fonemas, palavras, regras sintáticas e a associação entre essas estruturas (microplanejamento). As regiões relacionadas a esta etapa são denominadas formuladoras e envolvem a região frontal lateral inferior (área de Broca) situada no hemisfério esquerdo.

A última etapa da emissão da mensagem é a articulação, ou seja, a formulação da sequência de movimentos necessários para a emissão dos sons adequados. O envio desse comando parte de M1 para os núcleos motores do tronco encefálico, o qual controla os músculos relacionados à emissão da voz. A articulação da fala é uma função essencialmente motora e envolve as regiões pré-motoras do córtex frontal esquerdo e os setores de representação da face no giro pré-central (Fig. 6).

FIGURA 5 - Esquema representativo das regiões do córtex cerebral e suas respectivas funções, incluindo as áreas responsáveis pela fala.



Fonte: http://liz.angel.blog.uol.com.br/arch2009-09-20_2009-09-26.html.

O início da compreensão da mensagem falada encontra-se no processamento auditivo dos diversos sons presentes no ambiente. Durante este processamento, o SNC identifica certos padrões linguísticos e os encaminha para as regiões responsáveis pela compreensão da fala. Ocorre, portanto a via inversa da emissão da fala, ou seja, ocorre a identificação fonológica (feita no léxico fonológico), a identificação léxica, a compreensão sintática e, por fim, a compreensão semântica.

Além disso, como visto anteriormente, a prosódia é de extrema importância para a identificação do objetivo da mensagem. Sua localização cerebral ainda é incerta, apesar de ser considerado o

envolvimento de diversas funções cerebrais, como a linguagem, a emoção e o controle motor. Sabe-se que estas áreas pertencem na maioria dos seres humanos ao hemisfério direito, nas mesmas regiões responsáveis pelos aspectos cognitivos da linguagem do hemisfério esquerdo.

4.5 ALÉM DE CONHECER OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA FALA, TORNA-SE FUNDAMENTAL COMPREENDER SUAS DESORDENS, UMA VEZ QUE PODEMOS NOS DEPARAR COM ELAS!!!

4.5.1 Distúrbios da fala e da compreensão

Os distúrbios da linguagem falada, relacionadas a lesões em regiões envolvidas no processo linguístico e não a processos motores, são as afasias. Elas apresentam uma sintomatologia diferente dependendo da região lesada. As lesões na região lateral inferior do lobo frontal esquerdo causam a afasia de expressão (de Broca) e elas formam um paciente com grande dificuldade para encontrar palavras para se expressar.

Quando a lesão é na região cortical posterior, em torno da ponta do sulco lateral (de Sylvius) do lado esquerdo, ocorre a afasia de compreensão (de Wernicke). Nela o paciente não compreende o que é dito a ele e emite resposta sem sentido (apesar de fala fluente).

A expressão da fala ocorre na área de Broca e a compreensão ocorre na área de Wernicke (Figura 5). Desta forma, para a fala adequada, ambas devem estar conectadas, o que ocorre com um feixe de fibras imerso na substância branca cortical denominado feixe arqueado. A lesão desse feixe leva a afasia de condução, em que pacientes são capazes de falar espontaneamente, mas cometendo erros de repetição e de resposta a comandos verbais.

Outro tipo de afasia ocorre em pacientes com lesões dos giros temporal médio e inferior, conhecida como afasia anômica ou nominal fluente, a qual se apresenta com pacientes falando fluentemente, mas incapazes de identificar nomes de pessoas e objetos. Podemos identificar esta doença cujos giros estão fortemente relacionados com léxicos semânticos específicos.

Uma anomia com disartria (distúrbio de articular a fala - uma alteração motora) ocorre em lesões da área de Broca e das regiões anteriores adjacentes. Desta forma, o córtex frontal anterior a área de Broca é uma área candidata a sediar o léxico sintático e o córtex posterior seria uma sede da expressão verbal.

4.6 ASPECTOS NEUROBIOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA LINGUAGEM ESCRITA E NA LEITURA

A escrita é um meio de comunicação restrito a alguns idiomas e que resulta da aprendizagem de alguns padrões motores das mãos, de modo a produzir certos símbolos que representam fonemas.

Estes símbolos são os grafemas e, assim como, os fonemas, unidos eles formam palavras escritas, que serão associadas a frases e produzirão o efeito da passagem da mensagem.

Já a leitura é a identificação da simbologia da escrita e a formação mental da mensagem escrita. Ela resulta de uma varredura feita com os olhos sobre o material escrito. O indivíduo realiza durante a leitura uma sequência de fixações e de movimentos sacádicos. As palavras fixadas geralmente são as de conteúdo mais relevante (como verbos e substantivos), sendo que palavras previsíveis ou muito curtas podem ser puladas. Considera-se também que palavras muito longas, raras ou inesperadas possuem um tempo de fixação maior. O controle da fixação é uma função cognitiva e está sob controle da atenção.

Apesar de pouco expressivas, existem evidências de imagens funcionais que indicam que as seguintes partes são atuantes durante a leitura: córtex visual (V1 e V2) bilateralmente, regiões visuais superiores na face lateral do hemisfério esquerdo, regiões perissilvianas parietais e temporais (com área de Wernicke e os giros angular e supramarginal), além do córtex pré-frontal inferior esquerdo.

Acredita-se que menos de 100 ms após a fixação ocular na palavra ocorre a ativação de V1. Entre 100 e 200 ms ocorre a identificação da forma dos grafemas e das palavras no córtex associativo visual e a focalização da atenção sobre a área. Entre 200 e 300 ms ocorre a interpretação semântica e fonológica da palavra (na área de Wernicke) e em seguida, a movimentação ocular para a próxima fixação.

4.6.1 Distúrbios da escrita e da leitura

Os distúrbios da linguagem escrita são as agrafias e as alexias (disgrafias e dislexias). As agrafias são os distúrbios relacionados com a dificuldade de escrever. Já as alexias são relacionadas às dificuldades de ler. Uma parte importante pela sua grande epidemiologia é a dislexia. Esta modalidade está associada à perda da capacidade de associar grafemas com fonemas, fazendo assim, uma leitura com erros de pronúncia ou de semântica.

4.7 ESPECIALIZAÇÃO HEMISFÉRICA

A especialização hemisférica consiste na compreensão de que cada hemisfério é encarregado de diferentes funções cerebrais. Contudo, o entendimento de que cada hemisfério possui uma diferenciação funcional não remove a comprovação de que eles trabalham em associação, através de sua comunicação entre o corpo caloso, a comissura anterior e a comissura do hipocampo.

Outros conceitos que podem ser confundidos com o de especialização hemisférica são os de lateralidade hemisférica e de assimetria hemisférica. A lateralidade é o entendimento de que enquanto algumas funções são representadas igualmente em ambos os hemisférios, outras são representadas em

apenas um lado (como a fala). Já assimetria hemisférica é a compreensão de que os hemisférios não são simétricos.

A especialização hemisférica não significa exclusividade funcional. Nota-se este entendimento através do reconhecimento de que em 95% dos seres humanos a fala é controlada no hemisfério esquerdo, mas propriedades importantes da fala, como a prosódia, são controladas pelo hemisfério direito. Algumas diferenças funcionais são: o hemisfério esquerdo é melhor na realização mental de cálculos matemáticos, na detecção de categorias específicas de objetos e seres vivos, no reconhecimento de relações espaciais qualitativas, no reconhecimento de faces (descobrir quem é o dono da face) e no comando da escrita e na leitura; e o hemisfério direito é melhor na percepção de sons musicais, na identificação de categorias gerais de objetos e seres vivos, na detecção de relações espaciais métricas e quantificáveis e no reconhecimento de faces (identificação de que a imagem se trata de uma face) (Fig. 6).

FIGURA 6 - Esquema representativo das diferenças funcionais entre ambos os hemisférios cerebrais.



Fonte: <http://www.infoescola.com/anatomia-humana/cerebro/>.

Uma característica peculiar desta divisão consiste no fato do hemisfério esquerdo produzir movimentos mais precisos nas mãos e pernas direitas (em indivíduos destros), em comparação com a produção de movimentos nos membros esquerdos pelo hemisfério direito. Desta forma, a melhor generalização possível é de que o hemisfério direito percebe e comanda funções globais e categoriais, e o esquerdo comanda funções mais específicas.

Dicas de leitura

Leia o artigo científico para entender um pouco mais sobre as áreas corticais motoras. Andrade, A.; Luft, C. B.; Rolim, M. K. S. B. O desenvolvimento motor, a maturação das áreas corticais e a atenção na aprendizagem motora. <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 78 - Noviembre de 2004. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd78/motor.htm>.



REFERÊNCIAS

- BEAR, M.F., CONNORS, B.W.; PARADISO, M.A. Neurociências – Desvendando o Sistema Nervoso. Porto Alegre 3ª ed. Artmed Editora, 2010.
- CROSSMAN, A. R.; NEARY, D. Neuroanatomia. Um texto ilustrado em cores. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- GRAY, H.; GROSS, C. M. Anatomia. 29ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1988.
- LENT, R. Cem Bilhões de Neurônios – conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo: Atheneu, 2001.
- LENT, R. Neurociência da Mente e do Comportamento. 1ª Ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2008. 372p.
- MACHADO, A. Neuroanatomia funcional. 2ª ed. São Paulo: Atheneu. 2006.
- MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. Anatomia orientada para a clínica. 6ª ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2011.
- NETTER, F. H. Atlas de Anatomia Humana. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- STAHL, S. M. Psicofarmacologia: bases neurocientíficas e aplicações práticas. 3ªed. RJ: Guanabara Koogan, 2010, p. 138.