



Centro Universitário de Brasília
Faculdade de Ciências da Saúde

Estrutura e Funções do Córtex Cerebral

ROCILENE OTAVIANO DOS SANTOS

Brasília - 2002

Centro Universitário de Brasília
Faculdade de Ciências da Saúde
Licenciatura em Ciências Biológicas

Estrutura e Funções do Córtex Cerebral

ROCILENE OTAVIANO DOS SANTOS

Monografia apresentada à Faculdade de Ciências da Saúde do Centro Universitário de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Professor Cláudio Henrique Cerri e Silva

Brasília - 2002

AGRADECIMENTOS:

Aos meus pais pelo dom da vida que ensinou as conquistas alcançadas, ao meu esposo como grande incentivador e apoio na realização deste trabalho, ao meu professor Cláudio por todas as orientações fornecidas e a Deus pela existência que nos proporciona o privilégio de sermos úteis à sociedade, à família e ao próximo.

RESUMO

As localizações cerebrais sempre representaram um grande desafio para médicos, cientistas e pesquisadores. A parte superior do encéfalo humano é constituída por dois grandes hemisférios, separados por uma fissura longitudinal. Em cada hemisfério há a considerar quatro lobos: lobo frontal, parietal, occipital e temporal. Sabe-se hoje que a diferentes zonas ou lobos cerebrais estão associados atividades distintas. Para se chegar a tal conclusão teve especial importância os trabalhos de: Gall, Broca e Brodmann. Conduzidos pelo médico e neuroanatomista vienense Franz Joseph Gall no final do século XVIII, ele defendia que o cérebro era constituído por um agregado de muitos órgãos, funcionalmente independentes. Reconhecendo o devido mérito a Gall, é também importante apontar os erros de sua teoria das localizações cerebrais que considera o cérebro compartimentado em secções independentes. Paul Broca, no século XIX, a partir da realização da autópsia num doente com perturbações profundas na linguagem oral, descobriu na terceira circunvolução do lobo frontal esquerdo, uma zona lesada que impedia que o indivíduo fosse capaz de se exprimir, falando. Tal região cerebral ficou na história da fisiologia conhecida como centro de Broca. O alemão Brodmann teve a sua contribuição com a elaboração de mapas neuroanatômicos, nos quais se encontravam áreas identificadas por ele próprio nos seus estudos de arquitetura celular. O seu mapa constitui uma referência anatômica conveniente, cujas áreas são designadas por números. Surgiu então a teoria da unidade funcional que considera áreas cerebrais constituindo a base de funções orgânicas ou psíquicas mas subordinadas à estrutura total do cérebro e que este é capaz de suprimir atividades pertencentes a setores que foram lesados. Por outras palavras, contrariando Gall, métodos de estudos não invasivos como a ressonância magnética funcional, facilita o estudo das funções cerebrais e comprova que as funções de cada parte individual do cérebro não são independentes, mas sim sistemas formados por várias unidades cerebrais interligadas.

Palavras-chaves: áreas de Brodmann, controle cortical, hemisférios cerebrais, neurônio, sinapse.

ÍNDICE

	Página
1. Introdução	1
2. Encéfalo.....	2
3. O Córtex Cerebral e Suas Camadas.....	3
4. O Neurônio	5
5. Sinapse	7
6. Porque o Cérebro é Cinza e Branco?	8
7. Dominância Cerebral	9
8. Plasticidade Neuronal	10
9. Propriocepção	11
10. Funções Especializada do Córtex Cerebral	11
11. Homúnculo de Penfield	13
12. Classificação Estrutural do Córtex Cerebral (Áreas de Brodmann)	14
13. Controle Cortical	18
13.1. Áreas Sensitivas do Córtex	18
13.2. Área Visual	18
13.3. Área Auditiva	19
13.4 Área Olfatória	20
13.5. Área Gustativa	19
13.6. Área de Associação do Córtex	19
13.7. Área Motoras	20
13.8. Áreas Pré-frontais	21
13.9. Área Relacionadas com a linguagem	22
14. Imagem Funcional por Ressonância Magnética	24
15. Pesquisa com Ressonância Magnética Funcional	26
15.1. Pesquisa com Amputados de Membro Inferior Devido a Tumor.....	26
16. Conclusão	28
17. Referências Bibliográficas.....	29

1. INTRODUÇÃO

O cérebro é o mais requintado dos instrumentos capaz de refletir as complexidades e os emaranhamentos do mundo ao nosso redor. Centro da inteligência, memória, consciência e linguagem, o cérebro controla, em colaboração com outras partes do encéfalo, as sensações e os órgãos efetores, ele é o ponto mais alto da evolução, o único órgão consciente da sua existência.

O córtex cerebral é a fina camada de substância cinzenta que reveste o centro branco medular de todo encéfalo. Trata-se de uma das partes mais importantes do sistema nervoso. No córtex cerebral chegam impulsos provenientes de todas as vias da sensibilidade que aí se tornam conscientes e são interpretadas. Do córtex saem os impulsos nervosos que iniciam e comandam os movimentos voluntários e com ele estão relacionados os fenômenos psíquicos

Com o desenvolvimento da tecnologia, descobriu-se métodos para estudar as várias áreas e funções cerebrais que comandam o corpo. Um desses métodos é a Ressonância Magnética Funcional, um exame não invasivo capaz de mapear o funcionamento de diferentes áreas corticais. Os seus resultados tem sido importantes, pois com a identificação das áreas, pode-se fazer diagnósticos clínicos de pacientes, pesquisas na área médica onde são identificadas as áreas motoras, sensitivas, cognitivas e áreas relacionadas com a memória, bem como, programações para as cirúrgicas no cérebro.

2. ENCÉFALO

No córtex cerebral as superfícies corticais não são uniformes, possuem saliências (giros) e depressões (sulcos). O encéfalo compreende:

- **Telencéfalo:** Constituído pelos 02 hemisférios cerebrais.
- **Diencéfalo:** Situa-se na linha mediana, entre os dois hemisférios, se divide em: Epitálamo, tálamo e hipotálamo.

Epitálamo - Forma a *glândula* pineal e a habênula;

Tálamo - É a estação retransmissora de informações no cérebro, com exceção das informações olfatórias;

Hipotálamo - Controla o sistema endócrino e interfere nas funções viscerais.

- **Cerebelo:** Localiza-se por trás do tronco cerebral. É responsável pelo equilíbrio e a coordenação motora.

- **Tronco cerebral:** É a substância nervosa que vai do cérebro à medula. No centro há uma formação reticular no controle da consciência, sono e vigília. É dividido em três partes :

- Mesencéfalo - Porção superior do tronco cerebral, de onde se originam os pares de nervos cranianos III e IV;

- Ponte - Porção média do tronco cerebral, de onde se originam os pares de nervos cranianos V, VI, VII e VIII;.

- Bulbo - Porção inferior do tronco cerebral, de onde se originam os pares de nervos cranianos IX, X, XI XII. (Martin 1998);

Cada um dos dois hemisférios é dividido em quatro lobos anatomicamente distintos: o frontal, o parietal, o occipital e o temporal (figura 01).

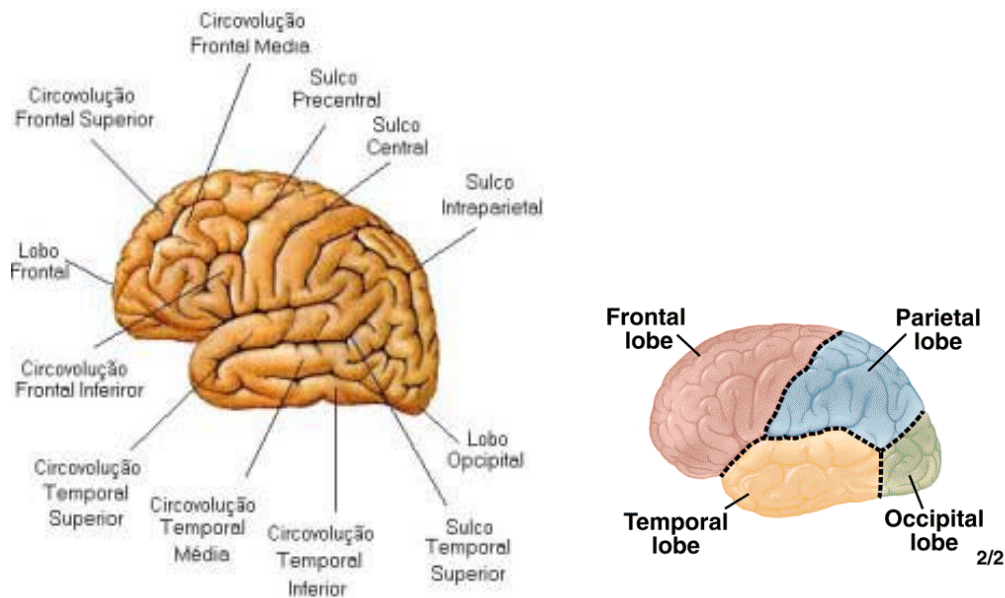


Figura 01: Lobos cerebrais

Fonte (cosenza 1998)

Cada lobo tem circunvoluções características e dobras (um antigo artifício biológico para aumentar a área de superfície). As cristas das circunvoluções são denominadas giros. As ranhuras são chamadas sulcos ou fissuras. Os giros e sulcos mais proeminentes são semelhantes entre um indivíduo e outro e tem nomes específicos (giro pré-central, sulco central e giro pós-central). As circunvoluções representam uma adaptação que serve para ajustar uma grande área superficial dentro de um espaço restrito da cavidade craniana.

3. O CÓRTEX CEREBRAL E SUAS CAMADAS

Um corte em profundidade no cérebro mostra que a superfície cinzenta tem uma espessura que varia de 1 a 4 mm. A maior parte é composta por células nervosas (neurônios) que recebem impulsos dos pontos mais distantes do corpo e os retransmitem ao destino certo. Mas o cérebro desempenha funções altamente

diversificadas e, por isso mesmo, as células que os constituem, também são especializadas. Tipos diferentes de neurônios são distribuídos através de diferentes camadas no córtex (Figura 2) dispostos de tal forma a caracterizar as várias áreas dos hemisférios, cada qual com sua função.

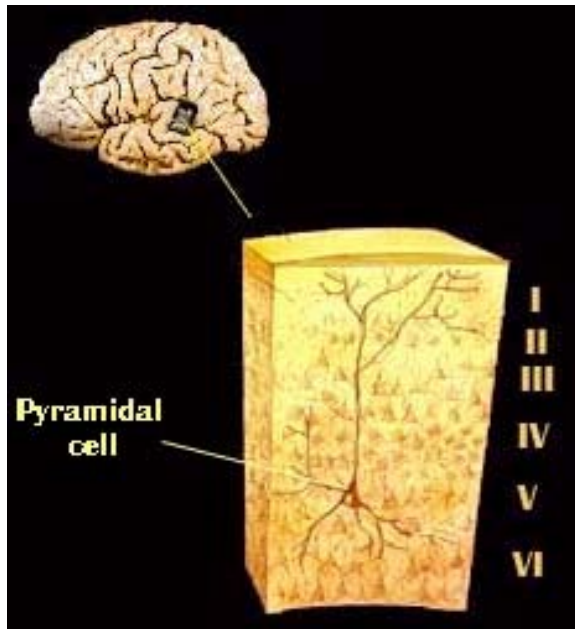


Figura 2: Camadas corticais

Fonte: (Cosenza 1998)

- I. Camada molecular
- II. Camada granular externa
- III. Camada piramidal externa
- IV. Camada granular interna
- V. Camada piramidal interna
- VI. Camada fusiforme

Existem dois tipos de córtex: isocórtex e allocórtex. O primeiro é formado por seis camadas (conforme acima) bem definidas durante o desenvolvimento embrionário e o segundo não apresenta este número de camadas e elas não são nítidas. Apesar de cada camada não ser constituída exclusivamente por um tipo de neurônio, considera-se a camada IV como sendo receptora da sensibilidade e a V como sendo motora. As demais camadas são consideradas de associação.

Do ponto de vista filogenético, pode-se dividir o córtex cerebral em arquicórtex, paleocórtex e neocórtex. No homem, o arquicórtex está localizado no hipocampo, o paleocórtex ocupa o uncus e a parte do giro para-hipocampal.

Todo o resto do córtex é classificado como neocórtex. Arquicórtex e paleocórtex estão ligados á olfação e ao comportamento emocional. O neocórtex é o responsável pelas mais importantes funções cerebrais do homem (Singi 1996).

4. O NEURÔNIO

O tecido nervoso compreende basicamente dois tipos celulares: os neurônios e as células gliais ou neuróglias. O neurônio (Figura 3) é a unidade fundamental, com a função básica de receber, processar e enviar informações. A neuroglia compreende células que ocupam os espaços entre os neurônios, com funções de sustentação, revestimento, modulação da atividade neuronal e defesa (Machado 1998). Durante o desenvolvimento intra-uterino, o cérebro humano produzirá todas as células nervosas que o acompanharão durante a vida. Os neurônios, por sua vez, são células nobres, extremamente exigentes quanto aos seus níveis de glicose e de oxigênio. Isso acontece porque, ao contrário das outras células, os neurônios não possuem reservas para estes componentes. Em caso de morte dos neurônios, estes não se regeneram mais, uma eventual cicatrização resultaria em tecido fibroso constituído por astrócitos e células de Schwann.

O impulso nervoso (de natureza eletroquímica) tem sua velocidade ou intensidade aumentada por substâncias neurotransmissoras, como a acetilcolina e a adrenalina, de singular importância para o estudo das doenças do sistema nervoso. No neurônio, unidade funcional básica do sistema nervoso, a transmissão dos impulsos se dá sinapse, dendritos e axônios. Através dos nervos, o cérebro e a medula espinhal enviam comandos aos sistemas e aparelhos orgânicos .

Existem diversos tipos de neurônios, com diferentes funções dependendo da sua localização e estrutura morfológica, mas em geral constituem-se dos mesmos componentes básicos:

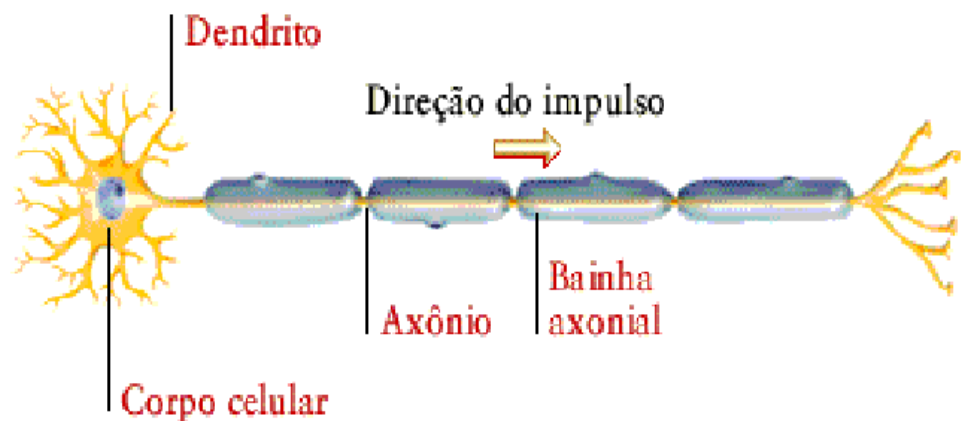


Figura 3: Neurônio

Fonte: www.epub.org.br/cm/n05/tecnologia/nervoso.htm

- o **corpo do neurônio** (soma) constituído de núcleo e pericário, que dá suporte metabólico à toda célula;
- o **axônio** (fibra nervosa) prolongamento único e grande que aparece no soma. É responsável pela condução do impulso nervoso para o próximo neurônio, podendo ser revestido ou não por mielina (bainha axonal);
- O envoltório do axônio é a **Bainha de Mielina** (lipídeos e proteínas), serve para aumentar a velocidade da condução do potencial de ação, possui aparência esbranquiçada porque é rica em uma substância gordurosa.
- os **dendritos** que são prolongamentos menores em forma de ramificações (arborizações terminais) que emergem do pericário e do final do axônio, são eles que levam o impulso nervoso até o corpo celular; sendo, na maioria das vezes, responsáveis pela comunicação entre os neurônios através das sinapses. Basicamente, cada neurônio, possui uma região receptiva e outra efetora em relação a condução da sinalização.

5. SINAPSE

É a estrutura dos neurônios através da qual ocorrem os processos de comunicação entre os mesmos, ou seja, onde ocorre a passagem do sinal neural que é a transmissão sináptica (Figura 4); através de processos eletroquímicos específicos, isso graças a certas características particulares da sua constituição. O axônio leva os impulsos para fora do corpo celular, as extremidades de cada axônio chegam até bem próximo dos dendritos do próximo neurônio, mas não chega a tocá-lo, existe entre eles intervalos chamados sinapse, a sinapse impede que os neurônios tenham uma ligação física, mas permite que mediadores químicos passem de um neurônio a outro. As sinapses são muito diversas em suas formas e outras propriedades: algumas são inibidoras e algumas, excitadoras; em algumas o transmissor é a acetilcolina (DeGroot 1994).

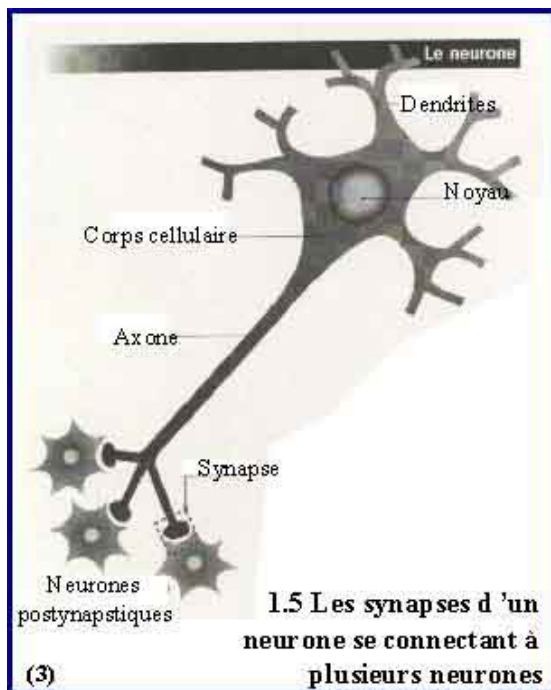


Figura 4: Sinapse

Fonte: Universidade de Campinas: www.unicamp.br/ensino

Em uma sinapse os neurônios não se tocam, permanecendo um espaço entre eles denominado **fenda sináptica**, onde um **neurônio pré-sináptico** liga-se a um outro denominado **neurônio pós-sináptico**. O sinal nervoso (impulso), que vem através do axônio da célula pré-sináptica chega em sua extremidade e provoca na

fenda a liberação de **neurotransmissores** depositados em bolsas chamadas de **vesículas sinápticas**. Este elemento químico se liga quimicamente a **receptores** específicos no neurônio pós-sináptico, dando continuidade à propagação do sinal.

Um neurônio pode receber ou enviar entre 1.000 a 100.000 conexões sinápticas em relação a outros neurônios, dependendo de seu tipo e localização no sistema nervoso. O número e a qualidade das sinapses em um neurônio pode variar, entre outros fatores, pela experiência e aprendizagem, demonstrando a capacidade plástica do SN.

6. PORQUE O CÉREBRO É CINZENTO E BRANCO?

Em uma secção transversal feita no cérebro (Figura 5), é fácil ver as áreas cinzentas e brancas. O córtex e outras células nervosas são cinzentos, e as regiões entre eles, brancas. A coloração acinzentada é produzida pela agregação de milhares de corpos celulares, enquanto que branco é a cor da mielina. A cor branca revela a presença de feixes de axônios passando pelo cérebro, mais que em outras áreas nas quais as conexões estão sendo feitas. Nenhum neurônio tem conexão direta com outro. No final do axônio encontram-se filamentos terminais, e estes estão próximos de outros neurônios. Eles podem estar próximos dos dendritos de outros neurônios (algumas vezes em estruturas especiais chamadas espinhas dendríticas, ou próximo ao corpo celular.

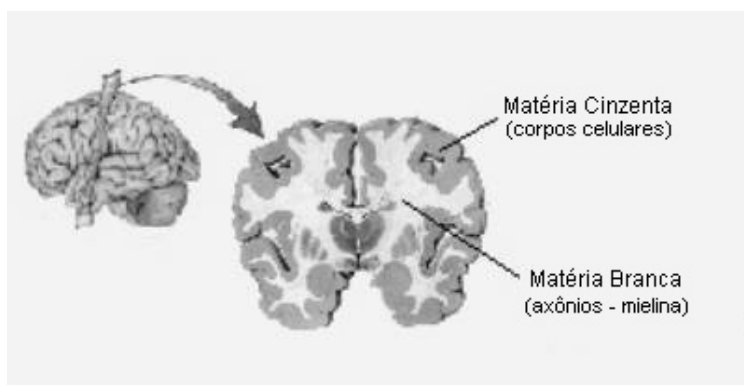


Figura 5: áreas cinzentas e brancas do cérebro

Fonte: Revista Cérebro & Mente

7. DOMINÂNCIA CEREBRAL

Este termo refere-se ao fato de que um dos hemisférios cerebrais é o "dominante" em certas funções. A diferença é predominantemente percebida na linguagem e habilidades manuais.

Dados clínicos e trabalhos experimentais estabeleceram que os dois hemisférios cerebrais (Figura 06) não são iguais em certas funções. Embora os sistemas de projeção das vias motoras e sensoriais sejam semelhantes, a esquerda e a direita, cada hemisfério é especializado e domina o outro em algumas funções específicas. O hemisfério esquerdo controla a linguagem e a fala na maioria das pessoas; o hemisfério direito comanda a interpretação das imagens e dos espaços tridimensionais. A dominância cerebral está relacionada ao uso preferencial de uma das mãos (lateralidade). A maior parte dos indivíduos destros tem dominância do hemisfério esquerdo (DeGroot 1994).

Quando se trata de controlar os músculos, cada hemisfério é responsável por dos lados do corpo desde os pés e as pernas até as mãos e os olhos. Mas as linhas de comando se cruzam entre si, o lado esquerdo do corpo é ligado ao direito do cérebro, enquanto as sensações no lado direito do corpo acabam no hemisfério esquerdo, ou seja, é um arranjo contralateral. Assim, uma lesão de um lado do cérebro, normalmente vai afetar os movimentos e o sentidos do lado oposto do corpo.

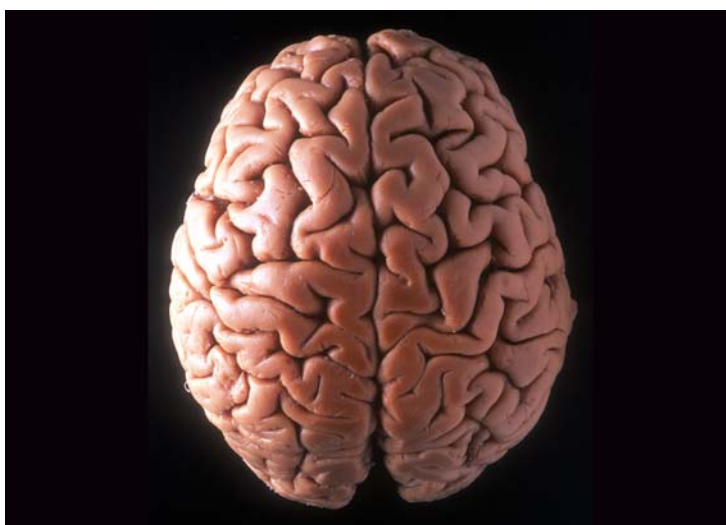


Figura 06: Hemisférios cerebrais (esquerdo/direito)

Fonte: Hospital Sarah – Rede de Hospitais do Aparelho Locomotor

8. PLASTICIDADE NEURONAL

A plasticidade neuronal é a propriedade do sistema nervoso que permite o desenvolvimento de alterações estruturais em resposta à experiência, e como adaptação a condições mutantes e a estímulos repetidos. A plasticidade é bastante evidente nos organismos em desenvolvimento. O padrão definitivo final das conexões neurais no adulto, por exemplo. Não se forma todo a um só tempo. Em vez disso, em muitas partes do sistema nervoso central e periférico, as conexões são formadas de forma mais abundante e difusa no início do que as que são, por fim, necessárias. Durante o desenvolvimento, essas conexões, de certa forma, se redistribuem e se especificam. A plasticidade neural também é evidente em alguns exemplos de regeneração neural; é provável que modificações organizacionais semelhantes e a tendência para formar conexões estejam subjacentes à fenômenos naturais do tipo da aprendizagem e memória (DeGroot 1994).

Durante o crescimento há um contínuo desenvolvimento e modificação nas conexões entre neurônios e seus alvos, toda vez que se adquire novos conhecimentos ou habilidades, é modificada a estrutura do cérebro, visto que ele é composto por feixes de fibras nervosas. A conectividade neuronal não é fixa, a remodelação da conectividade sináptica pode ocorrer em resposta a manifestações ambientais, estimulações sensoriais e aprendizagem de novas tarefas, essa mudança continua ao longo da vida.

Está sendo estudado um método que poderia, em longo prazo, ajudar a tratar pessoas com paralisia ao recuperar os neurônios (células nervosas) danificados na medula espinhal. Esse seria o primeiro método capaz de regenerar um axônio inteiramente. Axônios são extensões dos neurônios que conduzem impulsos nervosos, como o metal em fios elétricos. Esta forma consiste em tratar os neurônios danificados com um tipo de hormônio de crescimento chamado neurotrofina.

Segundo os pesquisadores, a neurotrofina foi capaz de bloquear todas as substâncias que inibem a regeneração do axônio, permitindo que ele se recuperasse.

9. PROPRIOCEPÇÃO

As funções básicas do sistema nervoso são a motricidade e a sensibilidade que, associadas, vão determinar a missão essencial do sistema nervoso, que é adaptar o ser vivo ao meio ambiente. Todo o sistema nervoso é um mecanismo sensitivo-motor. A sensibilidade é a função pela qual o organismo recebe informações indispensáveis à conservação do indivíduo e da espécie. O músculo é o órgão motor responsável para que seja realizado qualquer tipo de movimento, formando assim, uma íntima relação entre sistema muscular e funções motoras.

Quando se fecha os olhos toda atenção, que comumente é direcionada para fora da pessoa, passa a ficar em função do que se pode chamar de um aumento de propriocepção. A percepção que temos de nós mesmos. Se equilibra, em grande parte, pela orientação tridimensional que se recebe do ambiente. É espantoso a capacidade dos cegos em perceber a presença de pessoas, sons e cheiros muito antes de pessoas que enxergam.

Com o desenvolvimento das potencialidades do corpo físico se consegue lastro para nossas "aventuras" no desenvolvimento das capacidades dos corpos mais sutis. Assim, esses exercícios simples mas eficazes, proporcionam um aumento proprioceptivo reações físicas aos acontecimentos emocionais, auxilia a manter com a maior serenidade possível nas sensações físicas de dor, faz com que se perceba erros de postura, enfim, permite caminhar na busca pelo auto-conhecimento.

10. FUNÇÕES ESPECIALIZADAS DO CÓRTEX CEREBRAL

No córtex cerebral podem ser distinguidas diversas áreas, com limites e funções relativamente definidos (Figura 7). Assim, podem ser distinguidas a área motora principal, a área sensitiva principal, centros encarregados da visão, audição, tato, olfato, gustação e assim por diante.

Áreas corticais e suas funções . Áreas de associação: são conectadas com várias áreas sensoriais e motoras por fibras de associação:

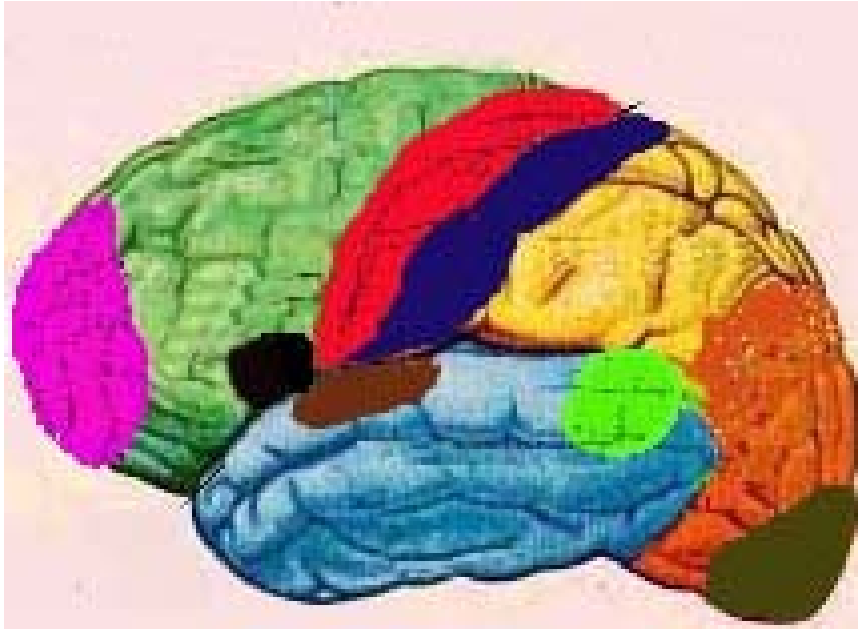


Figura 7: Funções especializadas do córtex

Fonte: www.epub.org.br/cm/n01/arquitet/cortex

Area Cortical	Função
Córtex Prefrontal (em pink)	Planejamento, emoção, julgamento
Córtex de Associação Motor (área pré-motora) (em verde)	Coordenação do movimento complexo
Córtex Motor Primário (giro pré-central) (em vermelho)	Iniciação do comportamento motor
Córtex sensorial Primário (em azul escuro)	Recebe informação tátil do corpo (tato, vibração, temperatura, dor)
Área de Associação Sensorial (em amarelo)	Processamento da informação Multisensorial
Área de Associação Visual (em laranja)	Processamento complexo da informação visual
Córtex Visual (em verde murgo)	Deteção de estímulo visual simples
Centro da Fala (Área de Broca) (em preto)	Produção da fala e articulação
Córtex Aditivo (em marrom)	Deteção da intensidade do som
Área de Associação Auditiva (em azul claro)	Processamento complexo da informação auditiva e memória
Área de Wernicke (em verde limão)	Compreensão da linguagem

11. HOMÚNCULO DE PENFIELD

A representação motora e sensorial tátil do corpo, que se distribui ao longo das áreas centrais do córtex cerebral. Estudada em detalhe pelo neurocirurgião Wilder Penfield (Canadá) durante as décadas de 1940 em diante. O homúnculo (homem pequeno) é uma representação distorcida do corpo (Figura 8), onde determinadas áreas recebem mais inervação (como é o caso da face e da mão em humanos) de acordo com a sua importância e necessidade de precisão de movimentos e sensações.

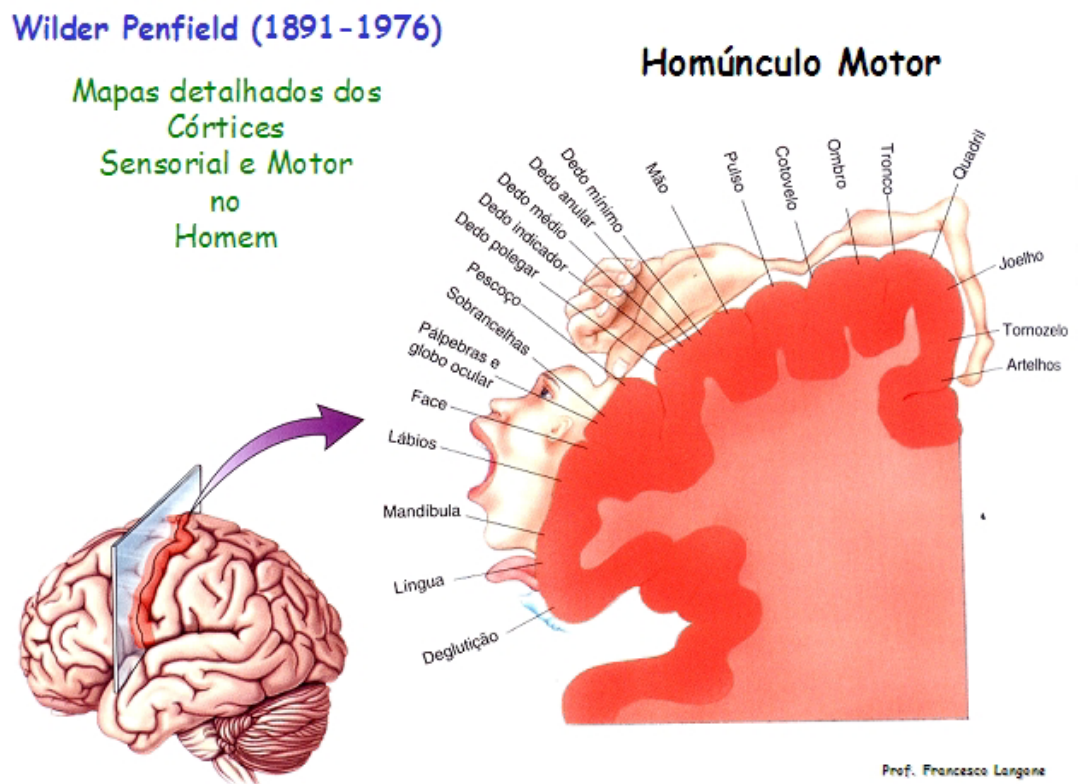


Figura 8: Homúnculo de Penfield

Fonte: (Penfield & Jasper 1959)

As regiões do corpo mais sensíveis ao toque requerem um número desproporcional de células nervosas no centro de sensações do cérebro para processar o estímulo. As mãos estão cheias de músculos de alta precisão, a enorme quantidade de cérebro dedicada a mão tem uma representação maior no

cérebro. A mão foi vital para a nossa evolução, desde os nossos ancestrais até hoje e levou a espécie humana a algumas de suas maiores realizações e criações.

Além de uma série de avanços experimentais e clínicos importantes suportam a evidência para localização. No final dos anos 50 Wilder Penfield estimulou o córtex de pacientes conscientes durante cirurgia cerebral para epilepsia, realizada com anestesia local. Para certificar-se de que a cirurgia não comprometeria a capacidade de comunicação dos pacientes, Penfield testava as áreas corticais que sob estimulação produziam distúrbios de linguagem. Estes achados, baseados em relatos verbais de indivíduos conscientes, dramaticamente confirmaram a localização indicada pelos estudos de Wernicke, Penfield também demonstrou que os músculos do corpo estão representados no córtex cerebral, com grandes detalhes topográficos, o que resultou num mapa formando o homúnculo motor. Recentemente os estudos clínicos de Penfield tem sido estendidos por Norman Geschwind em Harvard, que tem sido pioneiro nos estudos modernos de localização funcional no córtex cerebral humano. Resultados experimentais aplicando técnicas celulares para o sistema nervoso central, tem levado a conclusões semelhantes. Por exemplo, estudos fisiológicos ao longo do desenvolvimento tem indicado que células nervosas individuais conectam-se umas às outras de maneira precisa. Como resultado células individuais respondem somente a estímulos sensoriais específicos e não a qualquer estímulo.

12. CLASSIFICAÇÃO ESTRUTURAL DO CÓRTEX (Áreas de Brodmann)

O córtex cerebral tem sido objeto de meticolosas investigações histológicas, nas quais foram estudados diversos aspectos de sua estrutura, tais como a composição e característica das diversas camadas, espessura total e espessura das camadas. O córtex cerebral pode ser dividido em numerosas áreas cito arquiteturais, havendo vários mapas de divisão. Assim, Von Economo distinguiu no córtex do homem 109 áreas, enquanto o casal Vogt conseguiu identificar mais

de 200 áreas. Contudo, a divisão mais aceita é a do alemão Korbinian Brodman, que identificou quase 50 áreas designadas por números denominadas áreas de Brodman (Figura 9) e (Tabelas:01 e 02).

“As áreas de Brodman são muito conhecidas e amplamente utilizadas na clínica e na pesquisa médica” (Talairach & Tournoux 1988, DeGroot 1994, Singi 1996, Machado1998).

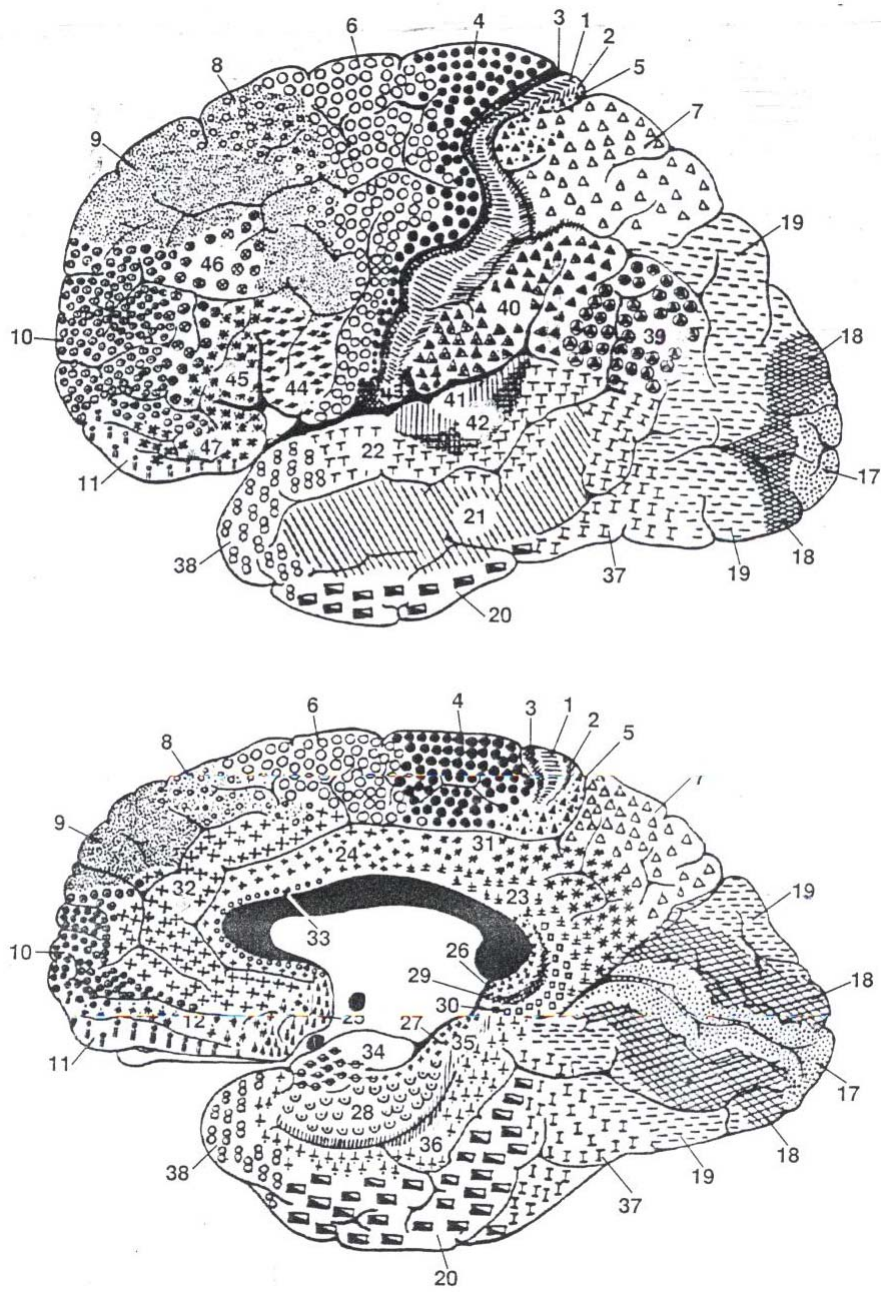


Figura 09: Mapa citoarquitetônico de Brodmann.
Fonte: (Singi 1996)

TABELA 1: ÁREAS DE BRODMANN: Funções e localizações das áreas 1 a 27:

Áreas de Brodmann	Área Funcional	Localização	Função
1, 2, 3	Córtex sensitivo primário	Giro pós-central;	Tato
4	Córtex motor primário	Giro pré-central	Controle do movimento voluntário
5	Córtex sensitivo somático terciário; área associativa parietal posterior;	Lóbulo parietal superior	Estereognosia
6	Córtex motor suplementar; campo ocular suplementar; córtex pré-motor; campos oculares frontais;	Giro pré-central e cortex adjacente rostral	Planejamento dos movimentos dos membros e oculares
7	Área associativa parietal posterior	Lóbulo parietal superior	Visuo-motora; percepção;
8	Campos oculares frontais	Giros frontal superior, médio, lobo frontal medial;	Movimentos sacádicos oculares
9, 10, 11, 12	Córtex associativo pré-frontal; campos oculares frontais;	Giros frontal superior, médio, lobo frontal medial;	Pensamento, cognição, planejamento do movimento;
17 ¹	Córtex visual primário;	Margens da cisura calcarina	Visão
18	Córtex visual secundário;	Giros occipitais medial e lateral	Visão; profundidade;
19	Córtex visual terciário, área visual temporal média;	Giros occipitais medial e lateral	Visão, cor, movimento e profundidade;
20	Área temporal inferior visual	Giro temporal inferior	Forma visual; memória;
21	Área temporal inferior visual	Giro temporal médio	Forma visual; memória;
22	Córtex auditivo de ordem superior	Giro temporal superior	Audição, palavra, memória auditiva e interpretativa;
23, 24, 25, 26, 27	Córtex associativo límbico;	Giro cíngulo, área subcalosa, area retrosplenial e giro parahipocampal	Emoções

FONTE: (Martin 1998)

TABELA 2: ÁREAS DE BRODMANN: Funções e localizações das áreas 28 a 47:

Áreas de Brodmann	Área Funcional	Localização	Função
28	Córtex olfatório primário; córtex associativo límbico	Giro parahipocampal	Olfato, emoções;
29, 30, 31, 32, 33	Córtex associativo límbico	Giro cíngulo e área retrosplenial	Emoções
34, 35, 36	Córtex olfatório primário; córtex associativo límbico	Giro parahipocampal	Olfato, emoções;
37	Córtex associativo parieto-têmporo-occipital; área visual temporal média;	Giros temporal médio e inferior na junção dos lobos temporal e occipital	Percepção, visão, leitura, palavra;
38	Córtex olfatório primário; córtex associativo límbico	Pólo temporal	Olfato, emoções;
39	Córtex associativo parieto-têmporo-occipital	Lóbulo parietal inferior (giro angular)	Percepção, visão, leitura, palavra escrita;
40	Córtex associativo parieto-têmporo-occipital	Lóbulo parietal inferior (giro supramarginal)	Olfato, emoções;
41	Córtex auditivo primário;	Giro de Heschl e giro temporal superior	Percepção, visão, leitura, palavra falada;
42	Córtex auditivo secundário;	Giro de Heschl e giro temporal superior	Audição;
43	Córtex gustativo	Córtex insular, opérculo frontoparietal;	Audição;
44	Área de Broca; córtex pré-motor lateral;	Giro frontal inferior (opérculo frontal)	Gosto;
45	Córtex associativo pré-frontal	Giro frontal inferior (opérculo frontal)	Palavra, planificação do movimento;
46	Córtex associativo pré-frontal (córtex pré-frontal) dorsolateral	Giro frontal médio;	Pensamento, cognição, planificação do comportamento, aspectos de controle do movimento ocular;
47	Córtex associativo pré-frontal	Giro frontal inferior (opérculo frontal)	Pensamento, cognição, planificação do comportamento.

¹As áreas 13, 14, 15 e 16 são parte do córtex da insula

Fonte: (Martin 1998)

13. CONTROLE CORTICAL

Todo o córtex cerebral é organizado em áreas funcionais que assumem tarefas receptivas, integrativas ou motoras no comportamento. São responsáveis por todos os nossos atos conscientes, nossos pensamentos e pela capacidade de respondermos a qualquer estímulo ambiental de forma voluntária. Existe um verdadeiro mapa cortical com divisões precisas a nível anatomo-funcional (Figura 9) e (Tabelas: 1 e 2), mas que todo ele está praticamente sempre mais ou menos ativado dependendo da atividade que o cérebro desempenha, visto a interdependência e a necessidade de integração constante de suas informações.

13.1. Áreas sensitivas do córtex:

A área somestésica, responsável pela sensibilidade geral do corpo, está localizada no giro pós-central, correspondendo às áreas 3,2,1 de Brodmann. Também é chamada área somestésica primária ou área somestésica SI. Recebe impulsos nervosos provenientes do tálamo relacionados com dor, temperatura, tato, pressão e propriocepção consciente da metade oposta do corpo. Todas as partes do corpo estão representadas nesta área, sendo esta representação chamada somatopia. O cientista Penfield criou um homúnculo sensitivo (Figura 8), projetado de cabeça para baixo no giro pós-central, para dar idéia desta representação. Na parte superior deste giro, na porção mediana do hemisfério, situam-se as áreas dos órgãos genitais e dos pés, seguidas das áreas da perna, tronco e braço, estas últimas todas pequenas. Mais abaixo vem a área da mão e da cabeça, onde a face e a boca têm uma grande representação. Na parte mais baixa do sulco, já próximo ao sulco lateral, aparece a área da língua e da faringe. A maior e a menor representação de cada uma destas partes no giro pós-central está relacionada com a sua importância funcional e não com o seu tamanho.

13.2. Área visual:

Corresponde à área 17 de Brodmann. Localiza-se no sulco calcarino do lobo occipital. Estimulações elétricas desta área provocam alucinações visuais. A ablação bilateral da área 17 causa cegueira completa no ser humano.

13.3. Área auditiva:

Está situada no giro temporal e corresponde à área 41 de Brodmann. Estimulações elétricas desta área em um indivíduo acordado causam alucinações auditivas. Lesões bilateral do giro temporal causam surdez completa. Lesões unilaterais provocam perda da acuidade auditiva, já que, ao contrário das demais vias sensitivas, a via auditiva não é totalmente cruzada, estando a cóclea representada nos dois hemisférios cerebrais.

13.4. Área olfatória:

A área olfatória que corresponde a área 28 de Brodmann, ocupa no homem apenas um pequeno espaço situado na parte anterior do uncus e do giro parahipocampal.

13.5. Área gustativa:

Corresponde à área 43 de Brodmann, localizando-se na porção inferior do giro pós-central, em uma região próxima à parte da área somestésica correspondente à língua. Lesões nesta área determinam diminuição da gustação na metade oposta da língua.

13.6. Área de associação do córtex:

As áreas de associação do córtex são aquelas que não estão relacionadas diretamente com a sensibilidade nem com a motricidade. Elas são bem maiores do que estas. As áreas 5 e 7 são de associação somestésica, permitindo a identificação de objetos pela sua comparação com o conceito do objeto existente na memória do indivíduo, é a área da orientação espacial corporal. Elas combinam a informação proveniente de vários pontos para decifrar seu significado. Quando estas áreas são removidas, a pessoa perde a capacidade de reconhecer objetos e parte da noção da forma de seu corpo. A perda destas áreas em um dos lados do cérebro faz com que a pessoa não tenha, algumas vezes, consciência do lado oposto do corpo. As áreas 18 e 19, situadas próximo à área visual (17), estão associadas com a visão, é responsável pela elaboração de impressões visuais e associação delas com experiências passadas para reconhecimento e identificação.

Lesão destas áreas provoca a **cegueira verbal**. Situação pouco comum na qual o indivíduo perde a capacidade de entender o significado da linguagem escrita. As áreas **42 e 22** de Brodmann, situadas próximo à área auditiva (41), estão associadas com a audição a área 22 associa a memória auditiva e interpreta, nela as impressões acústicas são interpretadas com relação a sua provável fonte e associadas com experiências passadas. Lesão nestas áreas provoca **surdez verbal**, condição também pouco comum na qual o indivíduo perde a capacidade de entender a linguagem falada.

13.7. Áreas motoras:

Em resposta aos impulsos sensitivos, o córtex reage desencadeando impulsos motores, fechando assim um circuito reflexo que se inicia com a estimulação do receptor. Porém, o ato motor não se subordina necessariamente a esse esquema, uma vez que existem movimentos que não têm a sua origem no receptor, nascendo do próprio córtex por uma decisão do indivíduo. Estes são chamados de movimentos motores voluntários.

As áreas motoras do córtex estão localizadas no giro pré-central, correspondendo às áreas **4, 6 e 8** de Brodmann.

A **área 4** é considerada a área motora primária, sendo formada pelas células piramidais gigantes ou células de Betz. A estimulação elétrica desta área determina movimento de grupos musculares do lado oposto. As partes motoras do corpo estão representadas no giro pré-central (somatotopia) na área 4, de maneira idêntica à representação das áreas sensitivas no giro pós-central.

A **área 6**, chamada área pré-motora de Fulton, está situada adiante da área 4. A sua estimulação depende de estímulos bem mais fortes do que os que são aplicados sobre a área 4 para causar a atividade motora.

A **área 8** é chamada também área frontal dos olhos e a sua estimulação provoca o desvio conjugado dos globos oculares para o lado oposto.

13.8. Áreas pré-frontais:

Ocupam a posição anterior do lobo frontal, correspondendo às áreas 9, 10 e 11 de Brodmann, responsáveis pela iniciativa, pensamento, planejamento e

elaboração. Durante anos, esta área foi considerada como o local do intelecto mais elevado do ser humano. Porém, a destruição do lobo frontal posterior e da região do giro angular provoca lesão infinitamente maior ao intelecto do que a destruição das áreas pré-frontais. Estudos recentes têm demonstrado que todas as porções do córtex que não estão relacionadas com a sensibilidade e motricidade são importantes na capacidade em aprender informações complexas. As áreas pré-frontais parecem desempenhar funções relacionadas com o controle do comportamento a ser seguido diante de certas situações sociais e físicas. Portanto, deve associar dados que possibilitam a formação do caráter e o desenvolvimento da personalidade. A pessoa que sofreu destruição das suas áreas pré-frontais reage bruscamente diante de certas situações. Perde o senso de moral e de respeito humano. Realizando com naturalidade em público determinados atos considerados atentatórios à moral, como as necessidades fisiológicas e o ato sexual. Além disso, sofre alterações de humor, passando rapidamente da alegria para a tristeza, da bondade para a maldade, da doçura para a ira e vice-versa.

As áreas pré-frontais têm importantes conexões com o núcleo dorso medial do tálamo, recebendo e enviando fibras a este núcleo. A lobotomia pré-frontal, que consiste na separação destas duas áreas, foi usada antigamente para tratamento de doentes psiquiátricos com quadro de depressão e ansiedade. Os doentes submetidos a esta cirurgia entravam em estado de “tamponamento psíquico”, isto é, deixavam de reagir a circunstâncias que normalmente determinam alegria ou tristeza. Uma consequência indesejável é que muitos pacientes mostravam uma deficiência intelectual acentuada. A lobotomia pré-frontal também dissocia a dor do seu componente emocional. Os pacientes operados relatavam que sentiam dor, mas que ele não os incomodava. Este método caiu em desuso com o aparecimento dos antidepressivos (Talairach & Tournoux 1988, DeGroot 1994, Singi 1996, Machado 1998).

13.9. Áreas relacionadas com a linguagem:

De maneira esquemática, existem duas áreas corticais relacionadas com a linguagem (Figura 10);

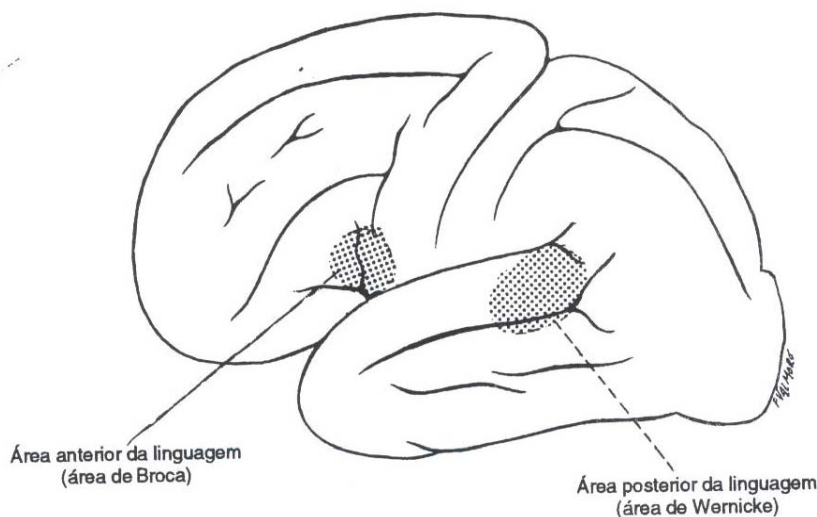


Figura 10: áreas da linguagem

Fonte: (Machado 1998)

a) uma área anterior para a linguagem situa-se nas porções triangular e opercular do giro frontal inferior, ela é responsável pela programação da atividade motora relacionada com a expressão da linguagem, conhecida como área de Broca que correspondem (área 44 e parte da 45 Brodmann); é uma homenagem ao francês Paul Broca, que através do estudo de alguns casos de afasia identificou a função desta área a partir da realização da autópsia num doente que não podia nem formar sentenças fluentes nem expressar suas idéias na escrita. O exame de seu cérebro após a morte mostrou uma lesão na porção posterior do lobo frontal. Broca colecionou a seguir mais oito casos semelhantes, todos apresentando lesões que incluíram esta área. Em todos os casos as lesões estavam localizadas no lado esquerdo do cérebro. Esta descoberta levou Broca a enunciar, em 1864, um dos mais famosos princípios da função cerebral: "Nous parlons avec l'hémisphere gauche!" ("Nós falamos com o hemisfério esquerdo!").

Broca também notou que todos aqueles com distúrbios da fala por causa de danos ao hemisfério esquerdo eram indivíduos destros e todos apresentavam fraqueza ou paralisia da mão direita. Esta observação por sua vez levou à generalização de que existem relações cruzadas entre o hemisfério dominante e a mão de preferência. O trabalho de Broca estimulou a mais ampla pesquisa para o locus cortical da função comportamental, uma pesquisa que foi logo recompensada.

b) O passo seguinte foi dado por Carl Wernicke em 1876. Com a idade de 26 anos (tendo saído da escola médica há somente quatro anos) Wernicke publicou um novo trabalho clássico intitulado "O sintoma complexo da afasia: um estudo psicológico com bases anatômicas". Neste trabalho ele descreveu um novo tipo de afasia . A afasia de Wernicke envolve um comprometimento da compreensão mais que da execução (uma má função receptiva, opondo-se à expressiva). Enquanto os pacientes de Broca podiam compreender mas não podiam falar, os pacientes de Wernicke podiam falar mas não compreender . Wernicke descobriu que este novo tipo de afasia tem uma localização diferente daquela descrita por Broca: a lesão está localizada na parte posterior do lobo temporal na sua junção com os lobos parietal e occipital.

Além de sua descoberta, Wernicke formulou uma teoria da linguagem que tentava conciliar e estender as duas teorias existentes de função cerebral. A área de Wernicke é mais posterior que a de Broca e localiza-se na região têmporo-parietal (giro angular), está relacionada com a percepção da linguagem e corresponde (área 39 de Brodmann).

Lesões nestas áreas provocam o aparecimento de afasias, ou seja, uma incapacidade do paciente de se comunicar através da linguagem verbal, embora os mecanismos periféricos tanto sensitivos como motores necessários para esta comunicação estejam intactos. (Consenza 1998, Machado 1998, Degroot 1994).

14. IMAGEM FUNCIONAL POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

No Século XVIII o conhecimento a respeito do cérebro era pequeno e dominado por especulações não científicas. A experimentação objetiva com animais ainda era rara e um dos mais poderosos métodos para inferir a função cerebral era a observação de pessoas com danos neurológicos devido a lesões localizadas no cérebro, tais como tumores, em seus estágio iniciais.

- a) A primeira fase do estudo das funções cerebrais eram feitas com estudos experimentais em macacos, abria-se a cabeça do animal onde era feito uma lesão e fechada em seguida, então, observava-se os resultados. Este estudo também era acompanhado em soldados de guerra com lesões cerebrais, onde era relacionada a função com a estrutura alterada pelo ferimento de guerra.
- b) A segunda fase teve a colaboração do neuro-cirurgião canadense Cushing and Baily, onde durante a cirurgia com o crânio do paciente aberto, ele estimulava áreas cerebrais observando a função ativada e correlacionava os resultados.
- c) Hoje não é necessário abrir o cérebro, pois tem-se uma janela para o cérebro através dos novos métodos de estudo, sem necessidade de abri-lo. Antes não tinha como guardar estes resultados, hoje pode-se analisar estes estudos do cérebro em futuras pesquisas.

Com o desenvolvimento da tecnologia, aumentou a experimentação com animais e hoje, apoiados por computadores, existem métodos que possibilitam a visualização precisa de uma determinada função quando ela está sendo realizada no cérebro.

Dentre os métodos atuais para estudar as várias áreas e funções cerebrais que comandam o corpo tem-se a Ressonância Magnética Funcional. O termo “imagem funcional” em ressonância magnética refere-se á métodos para obtenção

que permitem identificar e obter imagens de regiões do cérebro associados com certas solicitações motoras, sensitivas e cognitivas.

Através da obtenção de imagem funcional do córtex por meio da ressonância magnética identifica-se estímulos visuais, auditivos, sensitivos, motores e cognitivos com a possibilidade de comparação inter-sujeitos.

Não existem restrições ao uso de voluntários saudáveis, uma vez que a pesquisa é realizada em um equipamento de Ressonância Magnética, de forma não invasiva e sem uso de medicamentos. A imagem funcional pode ser usada não somente para o estudo da atividade cerebral de pessoas saudáveis, mas também para examinar mudanças localizadas de funções cerebrais em pacientes com “massas” ou lesões intracranianas. Esta técnica também é importante no diagnóstico de pacientes e planejamento de intervenções neuro-cirúrgicas, pois após detecção de áreas funcionais, o cirurgião busca um trajeto mais seguro para o acesso cirúrgico evitando assim, danificar/lesar áreas nobres do cérebro.

A Ativação da área cerebral é acompanhada de “despolarização” do potencial de membrana do neurônio. Para manter ou restabelecer o potencial de membrana é necessário um aumento do suprimento de energia e oxigênio, que provoca aumento de fluxo sanguíneo. A ativação neuronal leva ao aumento local de fluxo de sangue e aumento do consumo de oxigênio acima do esperado nas regiões cerebrais estimuladas, com um aumento de hemoglobina oxigenada nos capilares na região do tecido cerebral ativado (Holman1985). Estas mudanças no suprimento sanguíneo local e as propriedades magnéticas do sangue podem ser visualizadas pela ressonância magnética funcional, para se ter resultados nesses estudos, é passado para o sujeito atividades específicas para estimular a área desejada (quer seja motora, memória, cognição etc), a visualização de pequenas alterações de sinal requerem alternância entre estímulos “ON” (atividade), “OFF” (repouso), assim com estas alternâncias é possível identificar as áreas que houveram ativação e repouso no cérebro em um determinado período de tempo, que está sendo aplicado esta bateria de atividades.

15. PESQUISA COM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL:

15.1. PACIENTES COM AMPUTAÇÃO DE MEMBRO INFERIOR DEVIDO A TUMOR:

É uma técnica que mudará o tratamento de quem teve 01 membro amputado. A técnica é aplicada em pacientes amputados após tumor ósseo em membro inferior, é utilizado o nome “membro fantasma” porque mesmo após a cirurgia o paciente relata que sente que a perna ainda está lá (pois é comum sentirem cócegas, dor e até mesmo o pé), os pesquisadores achavam que isto era uma sensação fantasma, mas na Rede Sarah, médicos descobriram que não. “A expressão membro fantasma é uma expressão pejorativa que mostra o desconhecimento da capacidade infinita do cérebro” (Dr^a Lucia W. Braga – Hospital Sarah).

Com equipamentos de Ressonância magnética funcional (fMRI) que investiga as funções do cérebro. A pesquisa foi realizada com 9 jovens entre 16 e 22 anos, todos amputados por tumor ósseo maligno, este grupo foi comparado com um grupo controle, o principal objetivo para o uso do grupo controle foi para verificar se as mesmas áreas de Brodmann foram ativadas em ambos os grupos. Durante o estudo, foi solicitado que a pessoas fizesse movimentos com o membro amputado e em seguida com o membro normal, com momentos de alternância: atividade/repouso. O objetivo deste exame foi verificar a atividade cerebral observando se as áreas motoras são ativadas quando o paciente executa mentalmente movimentos com o pé que não existe.

A pesquisa teve os seguintes resultados: Foram ativadas as áreas de Brodmann: 4, 3, 1, 2, 6 e 7 (Figura 11) durante o estudo.

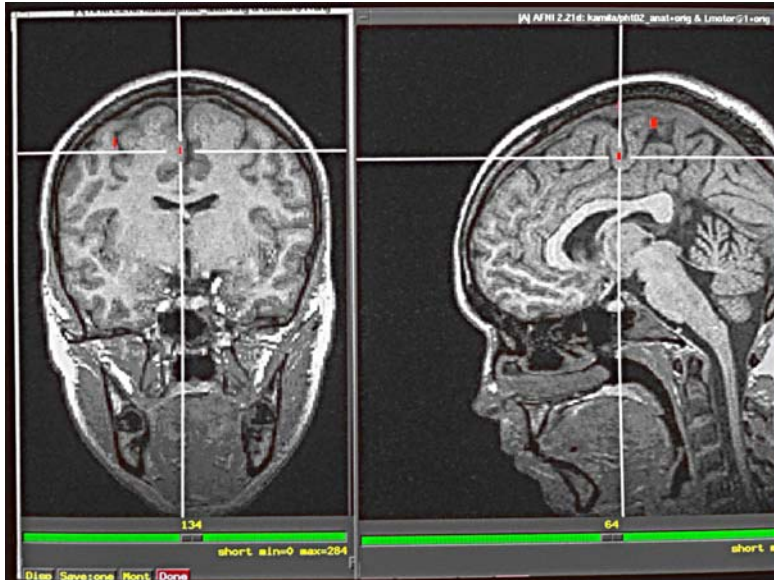


Figura 11: Ativação cerebral: área motora e sensitiva do pé esquerdo.

Fonte: Hospital Sarah

Os pesquisadores descobriram que mesmo sem o membro, o cérebro do jovem amputado continuava enviando ordens para a perna amputada, na (fMRI) os pontos vermelhos mostram a área que comanda o pé, ou seja, a perna foi amputada mas a região no córtex cerebral responsável pela área da perna ainda está preservada. Dessa forma, o paciente é treinado para sentir e pensar nos movimentos da perna que não existe mais, as ordens são enviadas pelo cérebro que vão comandar a perna mecânica, os pacientes amputados terão um controle e melhor adaptação da prótese e dentro de 01 ano poderão andar com mais facilidade. “ Essa descoberta não cria robô, mas utiliza o cérebro para tornar mais humano o que até hoje tem sido apenas uma perna artificial ” (Dr Aloysio Campos da Paz Júnior- Hospital Sarah).

16. CONCLUSÃO

O cérebro humano é um órgão cheio de segredos com centenas de milhões de pequenas células nervosas que se comunicam umas com as outras através de pulsos eletroquímicos para produzir atividades muito especiais como: nossos pensamentos, sentimentos, dor, emoções, sonhos, movimentos, e muitas outras funções mentais e físicas, sem as quais não seria possível expressarmos toda a nossa riqueza interna e nem perceber o nosso mundo externo, como o som, cheiro, sabor, e também luz e brilho, podendo essas áreas serem identificadas.

Na busca de melhores métodos para a pesquisa de identificação das funções do cérebro, a ressonância magnética funcional ganhou importância na pesquisa das funções relacionadas ao cérebro, uma vez que permite da atividade cerebral localizada em situações determinadas. Esta pesquisa tem como objetivo através de um melhor conhecimento do cérebro, melhorar a qualidade de vida das pessoas.

O cérebro humano continua sendo objeto de constante estudo. Ainda podem ser gasta muita “massa cinzenta” para investigar as funções cerebrais, para descobrir como este “monte” de célula nervosa cria inteligência, consciência e auto-percepção. Um órgão que nos permite interagir com a realidade e imaginar o futuro e o infinito.

17. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Consenza, R. M. 1998. Fundamentos de Neuroanatomia. 2ª ed. Editora Guanabara Koogan. Belo Horizonte. p. 108-115.
- DeGroot, J. 1994. Neuroanatomia 20ª edição, Editora Guanabara. Rio de Janeiro, 362p.
- Holman, B.L. 1985. Anatomy and Function of the brain, In radionuclide Imaging of the Brain: Contemporary Issues in Nuclear Imaging. Vol1- New York
- Hospital Sarah – Rede de Hospitais do Aparelho Locomotor
- Machado, A. 1998. Neuroanatomia Funcional. 2ª ed. Editora Atheneu. São Paulo, 262p.
- Martin, J.H. 1998. Neuroanatomy: Text and Atlas. 2ª ed. Editora Appleton&Lange . New York. 574p.
- Penfield, W. & Jasper, H. 1959. Epilepsy and the Functional Anatomy of the Human Brain. : Ed. Little, Brown and Co. Boston.
- Revista Eletrônica Cérebro & Mente: <http://www.epub.org.br>
- Singi, G. 1996. Fisiologia Dinâmica. Editora Atheneu, São Paulo, p.194-198.
- Talairach, J. & Tournoux, P. 1988. Co-Planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain. Editora Thieme Medical Publishers, Inc. New York. p. 9-13.
- Universidade de Campinas: www.unicamp.br/ensino