

ASPECTOS DA RELAÇÃO CÉREBRO-COMPORTAMENTO: HISTÓRICO E CONSIDERAÇÕES NEUROPSICOLÓGICAS

Sônia das Dores Rodrigues; Sylvia Maria Ciasca

RESUMO – Estudar a relação entre o cérebro e o comportamento é o principal objetivo da Neuropsicologia. É por meio dessa área de atuação que se pode entender como diferentes áreas cerebrais atuam em conjunto para produzir comportamentos complexos, tal como é o caso da aprendizagem. Problemas em qualquer área do sistema nervoso central podem gerar disfunções e prejudicar o aprendizado. Depreende-se, então, que o profissional que lida com a criança deve ter conhecimentos básicos sobre a neuropsicologia, de modo a compreender as funções mentais. Nesse sentido, a proposta desse artigo de revisão é abordar os fundamentos básicos da neuropsicologia, partindo dos primórdios do conhecimento cerebral, chegando às questões relativas à localização das funções e finalizando com a teoria de Luria sobre o funcionamento cerebral. Espera-se, ainda, motivar os profissionais a buscar novos conhecimentos sobre esse órgão extremamente complexo, que origina todos os comportamentos tipicamente humanos.

UNITERMOS: Neuropsicologia. Ciências do comportamento. Psicofisiologia. Cérebro/fisiologia.

Sônia das Dores Rodrigues – Pedagoga/Psicopedagoga e pesquisadora do DISAPRE (Laboratório de Distúrbio, Dificuldade de Aprendizagem e Transtornos da Atenção) FCM/Unicamp.

Sylvia Maria Ciasca – Profª Livre Docente do Departamento de Neurologia – FCM/Unicamp; Coordenadora do DISAPRE (Laboratório de Distúrbio, Dificuldade de Aprendizagem e Transtornos da Atenção) FCM/Unicamp.

Correspondência

Sônia das Dores Rodrigues

Rua Luis Gama, 937 apto 64 – Castelo – Campinas, SP – CEP 13070-170

E-mail: sdr@fcm.unicamp.br

INTRODUÇÃO

Historicamente, diferentes áreas de conhecimento têm se interessado pelo estudo do sistema nervoso, dentre as quais se destacam a medicina, a psicologia, a física, a química e a matemática¹⁻⁵. Entretanto, a conscientização de que a interdisciplinaridade favoreceria a melhor compreensão do cérebro humano possibilitou a criação de uma nova área de conhecimento (as Neurociências) e revolucionou os estudos científicos sobre o tema. Conforme se verifica no Quadro 1, atualmente diferentes disciplinas estão envolvidas no estudo do desenvolvimento e funcionamento cerebral.

Os diferentes profissionais envolvidos com o estudo do cérebro (comumente denominados de neurocientistas) têm que interagir com as demais áreas de conhecimento, de modo a analisar o funcionamento cerebral sob diferentes ângulos e pontos de vista. Aqui interessa-nos, principalmente, investigar a relação entre cérebro e comportamento e, portanto, os aspectos neuropsicológicos do desenvolvimento.

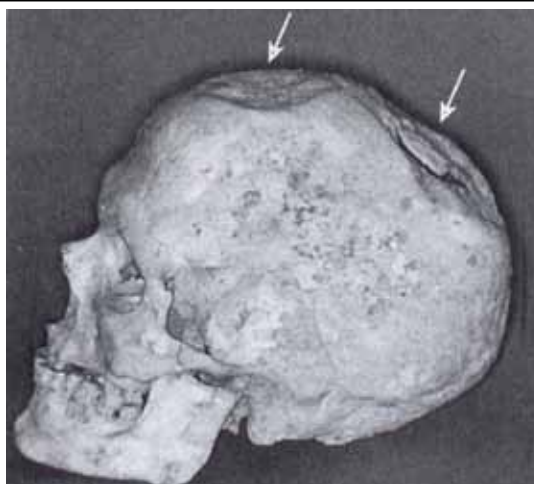
A visão do cérebro no decorrer dos séculos

Embora a palavra neurociência seja nova, existem evidências que mostram que os nossos ancestrais pré-históricos já compreendiam que o

encéfalo (cérebro, cerebelo e tronco encefálico) era essencial para a vida.

Um exemplo disso é a prática da trepanação, realizada por volta de 7.000 anos atrás (Figura 1). Especula-se que essa técnica, que consistia em se fazer orifícios em crânios de indivíduos vivos,

Figura 1 - Evidência de cirurgia cerebral pré-histórica (mais de 7.000 anos), onde se nota os orifícios no cérebro (modificado de Bear et al.¹, 2002).



Quadro 1 - Áreas de conhecimentos das neurociências.

Profissionais	Disciplina	Área de interesse
Neuroquímicos	Neurociência molecular	Estuda as reações químicas entre as moléculas que são importantes para o funcionamento do sistema nervoso
Neurofisiologistas	Neurociência celular	Estuda os circuitos elétricos e celulares que possibilitam a comunicação do sistema nervoso
Neurobiólogos	Neurociência comportamental	Estuda os circuitos complexos de células neuronais que produzem comportamentos e outros fenômenos psicológicos, tais como sono, comportamento emocional, sexual, etc
Neuropsicólogos	Neurociência cognitiva (ou Neuropsicologia)	Estuda a relação entre cérebro e comportamento, destacando-se as capacidades mentais mais complexas típicas do ser humano, como linguagem, autoconsciência, memória e aprendizagem

tinha como objetivos curar dores de cabeça e transtornos mentais ou abrir as “portas” para a saída de maus espíritos.

Evidências também mostram que os egípcios, há 5.000 anos, tinham conhecimento sobre os sintomas dos danos cerebrais. Apesar disso, consideravam que o coração era a sede do espírito e o local de armazenamento da memória. Essa crença fazia com que conservassem somente o corpo para a vida após a morte e retirassem e desprezassem o cérebro do cadáver.

Na Grécia antiga, alguns eruditos começaram a perceber a relação entre estrutura e função, o que levou à hipótese de que o encéfalo seria o órgão das sensações. Nessa época, Hipócrates (469-379 a.C.), médico grego, lançou a teoria de que o encéfalo estaria relacionado com as sensações do indivíduo e seria a sede da inteligência. Essa teoria não era facilmente aceita e um dos famosos opositores foi Aristóteles. Para esse filósofo, o coração seria o centro do intelecto e o encéfalo funcionaria como uma espécie de radiador, que resfriava o sangue superaquecido do coração.

Durante o Império Romano, Galeno (130 – 200 d.C), por meio de disseções de animais, identificou partes distintas no sistema nervoso: o cérebro, de consistência macia, o cerebelo, de consistência mais dura, e compartimentos onde existiam fluidos (ventrículos). A partir de seus experimentos, concluiu que para formar memórias, as sensações precisam ser impressas no cérebro e, naturalmente, isso deveria ocorrer na parte macia (cérebro). Os fluidos passariam pelas tubulações ocas (nervos) e gerariam os movimentos (promovidos pelo cerebelo). Reforçava-se, então, a idéia de que o corpo funcionaria por meio do balanço dos fluidos dos quatro ventrículos.

Mais tarde, o matemático e filósofo René Descartes (1596-1650) propôs que a teoria dos fluidos poderia explicar o comportamento de animais, mas não de humanos. Para ele, o homem possuía intelecto e alma e, assim, sugeriu que comportamentos humanos que se assemelhavam ao dos animais tinham os mesmos mecanismos cerebrais. Já as capacidades mentais, exclusivamente humanas, ficariam no que denominou de

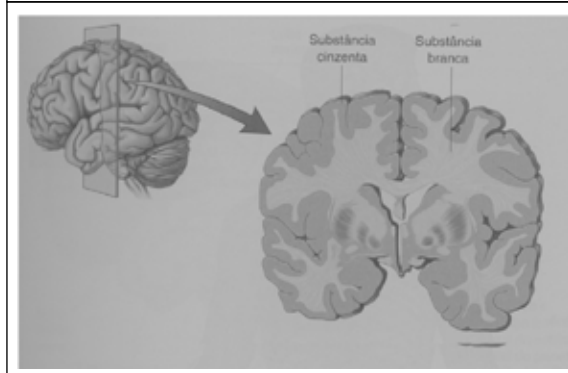
“mente”, uma entidade espiritual situada fora do cérebro. Essa entidade espiritual manteria contato com a glândula pineal (no cérebro) e por meio desse contato receberia informações sobre as sensações e os comandos dos movimentos.

Entre os séculos XVII e XVIII, os cientistas passaram a dar mais importância à substância cerebral e observaram que o tecido era dividido em substância branca e cinzenta (Figura 2). Observaram, ainda, que a substância branca tinha continuidade com os nervos do corpo e, por meio de fibras, levavam e traziam informações para a substância cinzenta.

A publicação do estudo de Benjamin Franklin (“Experimentos e observações sobre a eletricidade”), em 1751, com relato sobre os fenômenos elétricos, impulsionou as pesquisas relativas ao encéfalo. Na virada do século, Luigi Galvani e Bois-Reymond demonstraram que os músculos se movimentavam quando os nervos eram estimulados eletricamente e que o encéfalo podia gerar eletricidade, derrubando assim a teoria de que o encéfalo humano funcionava graças aos fluidos.

No final do século XVIII, o sistema nervoso já havia sido completamente dissecado. Identificou-se que toda a superfície cerebral do indivíduo continha um mesmo padrão de saliência (giros) e sulcos (Figura 3A), e que o encéfalo era dividido em lobos (Figura 3B), fato que levou ao início da discussão da localização das funções cerebrais.

Figura 2 - Figura demonstrando as substâncias branca e cinzenta (modificado de Bear et al.¹, 2002).



(1823) a teoria que veio a ser conhecida como teoria do Campo Agregado. Utilizando o método de ablação experimental em animais (pássaros principalmente), que consiste em destruir partes do sistema nervoso e testar os déficits sensoriais e motores causados pela destruição, ele comprovou o papel do cerebelo nos movimentos motores, comprovando a hipótese levantada por Bell e Magendie. Concluiu o autor que não existiam regiões cerebrais únicas para comportamentos específicos. Ao contrário, sugeriu que todas as regiões do cérebro participariam de cada função mental, em especial as regiões cerebrais do telencéfalo.

Essas duas correntes de pensamento ganharam adeptos de várias áreas de atuação que, por sua vez, levaram a cabo a discussão da localização ou não das funções mentais complexas até mais ou menos a metade do século XX.

Na linha localizacionista, destacam-se os trabalhos desenvolvidos pelo médico cirurgião Paul Broca e pelo neurologista e psicólogo Karl Wernicke. Broca, em 1861, descreveu o caso de um paciente que tinha lesão na região da parede posterior do lobo frontal (Figura 5). Embora esse paciente não apresentasse qualquer problema motor em sua língua, boca ou cordas vocais, ele era incapaz de falar gramaticalmente em frases completas, ou de expressar seu pensamento por escrito (afasia motora). Tais achados levaram Broca a concluir que a função da linguagem estaria localizada nesta região específica. A importância desse trabalho é tanta que, atualmente, ele é considerado o marco inicial da neuropsicologia.

Wernicke, por outro lado, descreveu, em 1876, casos de lesões da parte posterior do lobo temporal. Contrariamente ao paciente de Broca, os pacientes de Wernicke tinham capacidade de falar, porém eram incapazes de compreender o que falavam (afasia sensorial). Concluiu, então, que o programa motor, responsável pela execução da fala, estaria na área apontada por Broca, enquanto o programa sensorial estaria na área por ele descrita. Esse pesquisador sugeriu, ainda, o seguinte modelo de organização cerebral para a linguagem: a

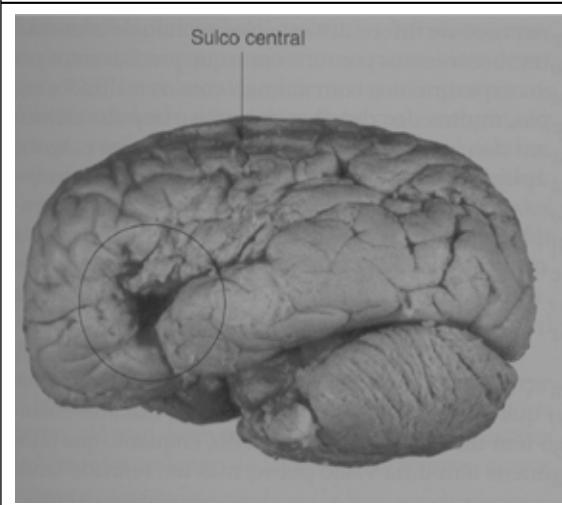
percepção inicial da fala seria decodificada em áreas sensoriais (visuais ou auditivas), em seguida, a informação seria processada no giro angular; posteriormente, iria para a região posterior do lobo temporal, onde a linguagem seria associada a um significado e, por fim, iria para a região posterior do lobo frontal, que se encarregaria de transformar a sensação sensorial em representação motora.

Mais recentemente, o chamado modelo Wernicke-Geschwind procura explicar como se dá o processamento da palavra falada e da palavra escrita nas diversas áreas cerebrais relacionadas à linguagem (Figura 6).

Retornando à questão da localização, outras pesquisas desenvolvidas à época do debate também relatavam a localização de outras funções em áreas específicas do cérebro, tais como a do neurologista Panizza, que descreveu, em 1855, casos de indivíduos com cegueira permanente após lesão na região occipital, e de John M Harlow (1848-1949), que descreveu o conhecido caso de Phineas Gage, paciente que passou a apresentar alterações comportamentais após sofrer lesão na região frontal.

Paralelamente a essas questões, as investigações histológicas davam um salto de qualidade com

Figura 5 - Lesão produzida no lobo frontal que resultou em afasia motora (modificado de Bear et al.¹, 2002).



as descobertas do médico italiano Camilo Golgi e do histologista Santiago Ramon y Cajal. O primeiro desenvolveu o método de coloração por prata, que possibilitou a identificação ao microscópio de toda estrutura do neurônio (corpo celular, dendritos e axônios). Ramon y Cajal, por outro lado, utilizou o método desenvolvido por Golgi e demonstrou que o tecido neural era uma rede de células, e não uma massa contínua, como se acreditava até então.

As investigações farmacológicas também davam a sua contribuição ao demonstrar a natureza química da comunicação entre as células neurais, merecendo destaque os trabalhos desenvolvidos por Claude Bernard (França), Paul Ehrlich (Alemanha) e John Langley (Inglaterra).

Ainda na linha localizacionista, Korbinian Broadman, anatomista alemão, reforçou essa teoria quando se inspirou nos trabalhos de Wernicke e Broca e diferenciou, no início do século XX, 52 áreas funcionalmente distintas (Figura 7) no córtex cerebral.

Entretanto, apesar das evidências apresentadas, os adeptos da linha do campo agregado continuavam a questionar a validade do princípio da localização nas atividades mentais complexas. Karl Spencer Lashley (1890-1958), por exemplo, estudou a aprendizagem de animais em situações experimentais e, do mesmo modo que Flourens, concluiu que quando uma parte do cérebro animal era lesada, outra parte compensava a perda da função destruída e essa compensação estava relacionada com o tamanho da lesão, e não com a localização da mesma.

Pelo que se depreende da literatura, parece ser consenso que a resposta a esse conflito (localização ou não das funções mentais) só começou a tomar novo rumo com as investigações de Alexander Ramanovich Luria (1902-1977) em pacientes com lesão do sistema nervoso central.

Em seu trabalho, Luria demonstrou que as funções superiores organizam-se em sistemas funcionais complexos, ou seja, não há participação de apenas uma área específica do cérebro, mas sim da ação de várias áreas. Além disso, preconizou Luria que o cérebro está organizado em três unidades funcionais principais, cuja atuação "em concerto" possibilita qualquer tipo de atividade mental (Figura 8).

Figura 6 - Modelo de processamento da linguagem (modificado de Bear et al.¹, 2002).

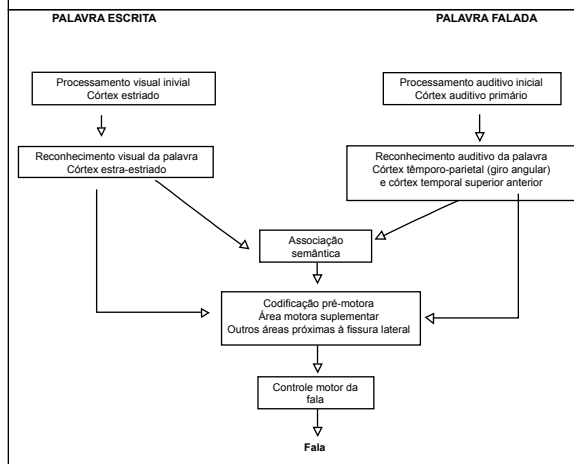


Figura 7 - Esquema cerebral onde se visualiza as áreas citoarquitetônicas de Broadman.

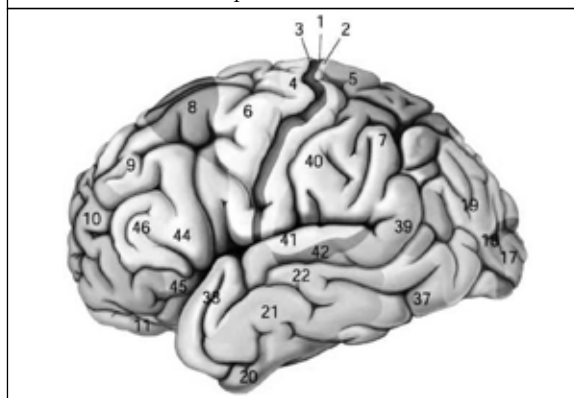
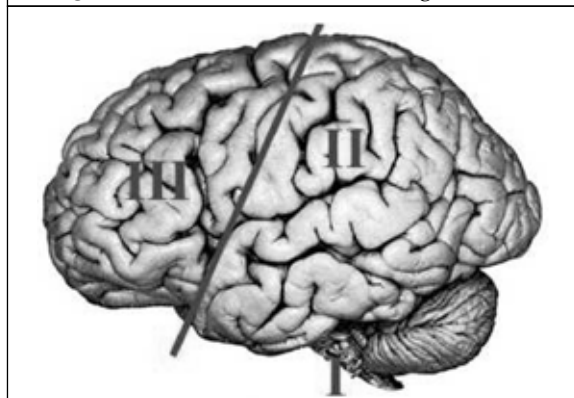


Figura 8 - Unidades funcionais, segundo Luria⁵.



Unidades funcionais de Luria

Primeira unidade funcional

Como se sabe, toda e qualquer atividade é desencadeada por algum tipo de estímulo físico. Esse estímulo, por sua vez, desencadeia um fluxo de corrente elétrica que trafega através de conexões neuronais, até atingir o córtex cerebral. É esse órgão extremamente complexo que se encarrega de processar a informação e enviar a resposta através das vias eferentes.

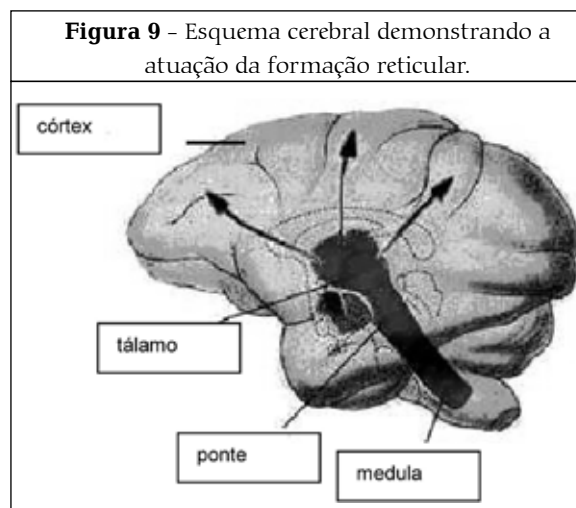
Entretanto, no caso de funções mentais complexas, a primeira condição para o processamento adequado da informação no cérebro é a necessidade de o sujeito estar em estado de vigília. É a primeira unidade funcional que se encarrega de regular o tono, a vigília e os estados mentais do indivíduo.

Dissertando sobre essa primeira unidade funcional, Luria⁵ atribuiu a Pavlov o mérito de não só ter inferido que a atividade organizada no homem dirigida a metas requer a existência de um nível ótimo de tono cortical, como também de ter estabelecido três leis neurodinâmicas que caracterizam esse tono. A primeira estabelece que a *intensidade* da resposta depende da intensidade do estímulo. A segunda refere que a resposta a um estímulo requer que haja *concentração* dos processos nervosos e equilíbrio entre a excitação e inibição e, a terceira está relacionada com a *mobilidade* dos processos nervosos, característica que possibilita ao indivíduo mudar facilmente de uma atividade para outra. Todos esses atributos (intensidade, concentração e mobilidade dos processos nervosos) são inibidos durante o sono, ou no estado que o precede. Interessante destacar que o tono cortical diminuído perturba a relação entre excitação e inibição, levando à perda da mobilidade e, conseqüentemente, prejudicando o processamento da informação.

Posteriormente às inferências de Pavlov, descobriu-se que no cérebro há uma estrutura cerebral específica denominada de formação reticular, que é responsável pela manutenção do estado ótimo do tono cortical. Essa estrutura,

constituída por uma rede nervosa de neurônios interconectados, situa-se no subcórtex e no tronco cerebral e tem como característica a geração de sinais gradativos (e não do tipo tudo-ou-nada) que modulam o sistema nervoso.

As fibras da formação reticular formam dois sistemas: o sistema reticular ascendente e o sistema reticular descendente. O primeiro (sistema reticular ascendente) faz conexões com o tálamo, o núcleo caudado, o arquicórtex e com o córtex (Figura 9) e tem como função a ativação do córtex e a regulação do estado de



sua atividade. Já o segundo (sistema reticular descendente) tem fibras que correm no sentido oposto, ou seja, partem do neocórtex e seguem para o arquicórtex, o núcleo caudado, os núcleos talâmicos, as estruturas mais baixas no mesencéfalo, no hipotálamo e no tronco cerebral. Assim, ao mesmo tempo que os sistemas da primeira unidade mantêm o tono cortical, eles próprios são influenciados pelo córtex.

Segundo Luria⁵, diversos experimentos em animais e em humanos demonstraram que lesões e/ou estimulação na formação reticular levam a um ou mais destes estados: diminuição pronunciada do tono cortical, estado de sono pronunciado, estado de coma, mudanças

sucessivas no estado de humor (depressão, indiferença, euforia), distúrbios de consciência, distúrbios de memória, etc.

Podemos concluir que a primeira unidade funcional não tem qualquer relação direta com a recepção, com o processamento das informações externas, ou com a formação de intenções de comportamentos complexos (dirigidos a metas). Sua única atividade é regular o estado da atividade cortical e o nível de vigilância, essencial para toda e qualquer função cortical superior.

Segunda unidade funcional

Contrariamente à primeira unidade, a segunda unidade funcional é responsável pela recepção, análise e pelo armazenamento das informações.

Do ponto de vista histológico, essa região é formada por neurônios isolados, que recebem impulsos individualizados e transmitem informações por meio de sinais do tipo tudo-ou-nada.

Quanto à sua localização, situa-se nas regiões laterais do neocórtex, sobre a superfície convexa dos hemisférios, ocupando as regiões occipital (visual), temporal (auditiva) e parietal (sensorial geral). A característica principal dessa unidade é que a mesma possui grande especificidade modal, já que está adaptada para a recepção de informações visuais, auditivas, vestibulares ou sensoriais gerais. A organização da sua estrutura é hierárquica, formada pelas áreas primárias (ou de projeção), que recebem e analisam as informações vindas do exterior; pelas áreas secundárias (ou motoras de ordem superior), que codificam e convertem as informações, e pelas áreas terciárias (de associação), que coordenam o funcionamento dos vários grupos analisadores.

Nas áreas primárias, formadas por neurônios aferentes da lâmina IV, há grande especificidade de funções. Os neurônios do sistema visual, por exemplo, respondem somente aos estímulos estritamente visuais, como gradação da cor, movimento e formas dos objetos.

Nas áreas secundárias ocorrem a recepção, a análise e o armazenamento das informações

que chegam do mundo externo. Entretanto, esta área age em conjunto com as zonas terciárias (ou de superposição), que contribuem para a conversão da percepção concreta em pensamento abstrato, para a memorização da experiência e para o armazenamento da informação.

Terceira unidade funcional

A terceira unidade funcional, responsável pela programação, regulação e verificação da atividade consciente do homem, está localizada nas regiões anteriores dos hemisférios, anterior ao giro pré-central.

Existem duas diferenças básicas entre a terceira unidade funcional, eferente, e a segunda unidade funcional, aferente. A primeira diferença diz respeito à organização hierárquica, ou seja, enquanto na segunda unidade os processos seguem uma via ascendente (da zona primária para as secundárias e terciárias), na terceira unidade, os processos seguem uma via descendente: começam nos níveis mais altos das zonas terciárias e secundárias, onde os programas motores são planejados, e vão para as estruturas pré-motoras e motoras primárias, que enviam os impulsos para a periferia. A segunda diferença é que na terceira unidade não existem zonas analisadoras modalmente específicas, como ocorre na segunda unidade funcional.

As áreas pré-motoras são as áreas secundárias desta terceira unidade funcional. Embora exibam o mesmo tipo de organização morfológica, do tipo vertical estriado, elas apresentam mais camadas superiores de células piramidais pequenas. Assim, a estimulação de partes das áreas pré-motoras resultará em grupos de movimentos organizados (como o giro dos olhos, da cabeça, de todo o corpo, movimento de preensão das mãos, etc) e não em movimentos isolados, como ocorre na área motora primária.

Porém, são nos lobos frontais, mais precisamente na região pré-frontal, que são executadas as tarefas mais importantes da terceira unidade, já que desempenham papel decisivo na formação de intenções e de programas de regulação e verificação das formas mais

complexas do comportamento humano. A principal característica da região pré-frontal é que ela faz conexões com todas as demais áreas do córtex, assim como com os níveis mais inferiores do cérebro (núcleos mediais, ventrais, pulvinar do tálamo, etc). Devido à natureza bidirecional destas conexões, a região pré-frontal é capaz de não só receber e sintetizar as informações recebidas, como também de organizar os impulsos eferentes, de modo que é capaz de regular toda a estrutura cerebral. Como complemento, vale apenas reforçar que o córtex pré-frontal exerce papel essencial na regulação do estado de atividade, o que o torna capaz de proceder a modificações, segundo as intenções e os planos formulados.

Estudos em animais que tiveram o córtex pré-frontal lesado ou extirpado demonstraram que esta região é essencial para o comportamento planejado dirigido a metas, para a síntese dos movimentos dirigidos, para a emissão de respostas retardadas e para a regulação e verificação dos comportamentos. No homem, obviamente, experiências desse tipo são limitadas e normalmente os estudos que analisam as sequelas de pacientes lesionados comprovam que o córtex pré-frontal é a principal área da atividade consciente do homem. Entretanto, não é demais enfatizar que os processos mentais necessitam do funcionamento e da participação combinada de áreas individuais do cérebro.

Em síntese, a teoria de Luria propõe que a primeira unidade funcional regula o tono, a

vigília e os estados mentais; a segunda unidade obtém, processa e armazena as informações que chegam do mundo exterior e a terceira unidade se encarrega de programar, regular e verificar a atividade mental. Uma das características comuns das unidades funcionais é que elas possuem estrutura hierarquizada, contendo cada uma delas áreas primárias (motoras de projeção), áreas secundárias (motoras superiores) e terciárias (áreas de associação). Essas três unidades atuam em conjunto e possibilitam a realização de funções corticais complexas.

CONCLUSÃO

Do exposto, depreende-se que o interesse pelo funcionamento cerebral surgiu desde os primórdios do desenvolvimento do homem. Desde então, muitas hipóteses foram lançadas, discutidas e refutadas. Mais recentemente, com o surgimento das neurociências e com o aparato tecnológico, muito se avançou em termos de conhecimento sobre o cérebro e suas funções.

Em se tratando da neuropsicologia, que estuda a relação entre o cérebro e comportamento, as ideias de Luria vêm sendo a base para o entendimento das funções cerebrais e, principalmente, para a compreensão das disfunções corticais.

O conhecimento e o domínio dessa teoria é condição básica ao profissional que deseja não só investigar os problemas de aprendizagem da criança e do adolescente, mas principalmente elaborar estratégias de reabilitação eficazes.

SUMMARY

Relationship between brain and behaviour: historical and neuropsychological considerations

The objective of Neuropsychology is to study the relation between the brain and the behavior. Cerebral areas work together and lead to complex behaviors, such the learning. Damage or dysfunctions in anyone area of the nervous central system can produce learning disabilities. Then, it is important to understand the brain functions. The objective of this work is to make a revision about Neuropsychology since the historical civilization until the theory of Luria. We wait to motivate the search of knowledge about the complex functional system.

KEY WORDS: Neuropsychology. Behavioral sciences. Psychophysiology. Cerebrum/physiology.

REFERÊNCIAS

1. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. Neurociências. Desvendando o sistema nervoso. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2002.
2. Ciasca SM. Distúrbios de aprendizagem: processos de avaliação e intervenção. In: Abrisqueta-Gomes J, Santos FH, eds. Reabilitação neuropsicológica: da teoria à prática. São Paulo: Artes Médicas; 2006.
3. Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. Essentials of neural science and behavior. Stanford: Appleton & Lange; 1995.
4. Kristensen CH, Almeida ROM, Gomes WB. Desenvolvimento histórico e fundamentos metodológicos da neuropsicologia cognitiva. Psicologia: Reflexão e Crítica. 2001;14(2):259-74.
5. Luria AR. Fundamentos de neuropsicologia. São Paulo: Edusp; 1983.