

A BASE BIOLÓGICA DA ATENÇÃO

Larissa Aparecida Gonçalves¹
Silvana Regina de Melo²

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.

RESUMO: As bases biológicas da função psíquica atenção despertam o interesse de muitos estudiosos. O neuropsicólogo Alexandre Luria é um dos pioneiros a descrever tal processo. Luria teorizou, em 1981, que as estruturas cerebrais envolvidas no processo de atenção seriam a formação reticular, a parte superior do tronco encefálico, o córtex límbico e a região frontal. O presente trabalho fez uma revisão das pesquisas desenvolvidas recentemente nesse campo da neurobiologia, e averiguou que elas confirmam e refinam as proposições feitas há quase três décadas por este autor.

PALAVRAS-CHAVE: Atenção; Função cortical; Neuroanatomia.

THE BIOLOGICAL BASES OF ATTENTION

ABSTRACT: The bases of the psychic function of attention have always been of great concern to such as Alexander Luria, one of the pioneer scientists to study such process. In 1981, Luria stated that the reticular formation, the upper section of the brain stem, the limbic cortex and the frontal region are the brain structures involved in the attention process. This research analyzes the results of contemporary theories in research on the biological basis of attention and verifies what they confirm the statements made almost 30 years ago.

KEYWORDS: Attention; Cortical function; Neuroanatomy.

Introdução

Intuitivamente, todo mundo sabe o que é atenção. Prestar atenção é focalizar a consciência, concentrando os processos mentais em uma única tarefa principal e colocando as demais em segundo plano (LENT, 2005). Dentre os muitos estímulos que nos atingem, somos capazes de focalizar apenas um, ou seja, selecionar um e ao mesmo tempo desprezar outros.

É indiscutível que esse processo de seleção atencional depende não apenas da história prévia do sistema selecionador, envolvendo suas memórias e, portanto, o significado pessoal e emocional dos estímulos, mas também de expectativas geradas sobre a pendência de eventos futuros (CAMPOS; SANTOS; XAVIER, 1997), com base nas memórias sobre regularidades passadas e (XAVIER, 1993) nos seus planos de ação, que dependem também de memórias sobre os resultados de ações anteriores e seu significado afetivo. Para Helene e Xavier (2003), diversos fenômenos atencionais parecem ser manifestações diretas do funcionamento dos sistemas de memória.

A atenção representa uma das funções mentais mais importantes do ser humano, sendo investigada por inúmeros estudiosos. Segundo Luria (1981), a atenção tem caráter direcional e seletivo, o que nos permite manter vigilância em relação ao que acontece ao nosso redor, responder aos estímulos relevantes e inibir aqueles que não correspondem aos nossos interesses, intenções ou tarefas imediatas. Bear, Connors e Paradiso (2002) destacam que a capacidade de detectar seletivamente uma conversa dentre muitas outras que estão ocorrendo ao mesmo tempo é um exemplo de atenção. De acordo com Lent (2005), podemos também prestar atenção em um processo mental, como um cálculo matemático,

uma lembrança ou outro pensamento qualquer.

A fim de promover melhor compreensão da atenção, numerosos autores a classificam em diferentes categorias. Luria (1981) diferencia as formas mais elementares, presentes nos primeiros anos de vida do indivíduo, das mais elaboradas, construídas socialmente, chamando a primeira atenção involuntária e a segunda, voluntária. A involuntária é de origem biológica, atraída fortemente por estímulos externos, enquanto que a voluntária é um ato social desenvolvido pelas crianças já em idade escolar, requerendo certo grau de maturação do sistema nervoso e relacionando-se à capacidade de responder a instruções faladas, mesmo diante de estímulos distrativos.

É comum aplicar definições operacionais à atenção. Dessa forma, Nahas (2001) distingue três formas básicas de atenção: sustentada, dividida e seletiva. A atenção sustentada ocorre quando o indivíduo se mantém num estado de prontidão por longo período de tempo, para detectar e responder a alterações específicas nos estímulos. A atenção dividida é a capacidade de o indivíduo desempenhar mais de uma tarefa simultaneamente. Por fim, a atenção seletiva é a capacidade de se direcionar a atenção para uma determinada parte do ambiente, enquanto os demais estímulos à sua volta são ignorados.

Segundo Lent (2005) e Santos (2006), podemos falar em atenção sensorial quando o processamento seletivo da informação apresentar estreita ligação com os sentidos. Por exemplo, na atenção visual, a partir da visão, um objeto é colocado no centro da análise. Ainda, uma parte mais específica da atenção visual, a atenção espacial, determina quais regiões da cena são mais relevantes, “em que” e “onde” focalizar a atenção visual. Na modalidade atenção intelectual, a direção e seletivi-

¹Bióloga, Especialista em Ciências Biológicas. Departamento de Ciências Morfológicas. Universidade Estadual de Maringá.

²Bióloga, Professora Doutora de Anatomia Humana. Departamento de Ciências Morfológicas. Universidade Estadual de Maringá.

dade da atenção são empregadas no processamento de pensamentos. Posner e Fan (2001) denominam atenção executiva àquela requerida em situações que envolvem planejamento ou tomada de decisões, detecção de erros e resposta a ações não habituais.

A atenção como um sistema orgânico tem anatomia funcional própria, circuito e estrutura celular. Estudos utilizando cronometria mental, eletroencefalogramas e imagens cerebrais por ressonância magnética, buscam descrever as áreas cerebrais envolvidas neste processo. Dentre os estudos sobre a neuroanatomia da atenção, encontram-se principalmente sobre as modalidades atenção visual e, em menor proporção, atenção auditiva. Ao averiguar a literatura, nota-se que os estudos que envolvem a neuroanatomia da atenção são em menor proporção, quando comparados aos que envolvem os paradigmas psicológicos deste processo.

Considerando que a neurociência sofreu grande impulso com a tecnologia nas últimas décadas, no século intitulado como o “século do cérebro”, faz-se necessário comparar as teorias propostas por pesquisadores do século XIX e pesquisas desenvolvidas recentemente, nesse campo da neurobiologia.

Para responder à questão sobre quais áreas do sistema nervoso central representam o substrato biológico da atenção, o presente trabalho apresenta uma breve revisão da literatura pertinente.

Desenvolvimento

O mecanismo de atenção representa uma das principais funções mentais, cujas bases biológicas despertam o interesse de muitos estudiosos. Um dos pioneiros a descrever tal processo foi o neuropsicólogo Alexandre Luria (1981), que teorizou sobre as bases biológicas do mecanismo de atenção, estabelecendo que seriam a formação reticular, a parte superior do tronco encefálico, o córtex límbico e a região frontal. Para este autor, as estruturas da parte superior do tronco encefálico e a formação reticular seriam as responsáveis pela manutenção do tônus cortical de vigília e manifestação da reação de alerta geral, enquanto o córtex límbico e a região frontal estariam relacionados ao reconhecimento seletivo de um determinado estímulo, inibindo respostas a estímulos irrelevantes. Deve-se considerar que, na ocasião, era considerado como córtex límbico o giro do cíngulo, parahipocampal e do hipocampo. Nessa época, Luria já fazia referência aos estudos clínicos com áreas cerebrais lesionadas em humanos, sendo que dela provém grande parte do conhecimento que se têm sobre a função cognitiva atenção e sua base biológica.

Estudos recentes, utilizando controles saudáveis e indivíduos acometidos por processos patológicos, confirmam e acrescentam informações às proposições de Luria, quanto à neuroanatomia relativa à atenção. Tal contribuição atual provém principalmente de estudos obtidos com aparelhos de ressonância magnética funcionais, que estão promovendo nos dias atuais uma

verdadeira revolução no conhecimento das funções cerebrais.

No que se refere às informações visuais, a orientação automática (exógena) da atenção parece envolver uma via filogeneticamente antiga (via retinotectal) que se projeta da retina para os colículos superiores, enquanto a orientação voluntária (endógena) parece envolver controle cortical. O sistema visual dos humanos é formado principalmente por duas vias que se originam no córtex visual primário. A via ventral (occípito-temporal) se projeta para o lobo temporal inferior e relaciona-se à identificação de objetos e análise de suas qualidades (representação perceptual). A via dorsal (occípito-parietal) inclui o lobo parietal posterior e está envolvida na apreciação das relações espaciais entre objetos, bem como em desempenhos motores que dependem da percepção visual. Estas vias (ventral e dorsal) são consideradas, respectivamente, como vias de processamento de “o que” e de “onde”. Ambas as regiões cerebrais envolvidas fazem parte do sistema atencional cortical (KOLB; WHISHAW, 2002).

Além disso, Posner (2001) propôs que a via dorsal seria parte de um sistema atencional posterior que alimentaria, com suas representações espaciais, o lobo frontal. Este, por sua vez, faria parte de um sistema atencional anterior, envolvido na escolha das ações adequadas.

O *locus ceruleus* é importante núcleo (dois) da formação reticular, localizado na porção superior da ponte e inferior do mesencéfalo, na altura do colículo inferior. Representa um dos núcleos do Sistema Ativador Reticular Ascendente (SARA). Seus axônios projetam-se para diferentes áreas corticais e representam uma das fontes mais importantes de noradrenalina para o córtex cerebral (AFIFI; BERGMANN, 2007).

Gadea et al. (2004) pesquisaram a relação entre o dano axonal do *locus ceruleus* e o prejuízo na *atenção seletiva*. Quantificando os níveis da substância N-acetilaspártato (normalizado para creatina, NAA/Cr) no *locus ceruleus* de 19 pacientes em estágio inicial de esclerose múltipla, verificaram que pacientes com desempenho atencional ruim a grave apresentaram valores menores de NAA/Cr no *locus ceruleus*. O dano axonal representado pelos baixos níveis de NAA/Cr provavelmente interrompeu as rotas noradrenérgicas que se iniciam no *locus ceruleus* e modulam o nível de alerta dos indivíduos. A correlação neural existente entre as redes de atenção e alerta parece funcionar integrando dois sistemas corticais principais, o córtex parietal posterior e frontal anterior, incluindo o giro do cíngulo e estruturas subcorticais como tálamo e SARA.

Luria (1981) atribui à atenção o papel de estabilização de fenômenos de ativação por intermédio das zonas posteriores do cérebro. Ele não faz referência a uma área cerebral específica, mas, pelos estudos feitos na atualidade, podemos supor tratar-se do córtex parietal.

Han et al. (2004) pesquisaram a função do

córtex parietal na rede neural de atenção, combinando fMRI (Imagem de Ressonância Magnética Funcional) e paradigmas comportamentais em tarefas de orientação visual para paciente com lesão parietal central esquerda e controle normal. Observaram que a lesão do paciente degradou sua habilidade de converter a atenção para o campo visual direito e enfraqueceu a modulação atencional das atividades do córtex visual e ativação frontal, durante orientação visual sem a movimentação dos olhos. Concluíram que o córtex parietal atua na modulação atencional de respostas neurais do córtex visual e contribui para o engajamento do córtex frontal no controle da atenção voluntária.

Segundo Posner e Fan (2001), a orientação visual segue uma ordem de acontecimentos: primeiro há o desprendimento do foco de atenção antigo (lobo parietal), mudança (colículo superior) e engajamento no novo foco (pulvinar do tálamo), sendo cada uma dessas operações computadas em áreas cerebrais diferentes. Juntas, essas áreas cerebrais desempenham a tarefa de orientação, sendo que lesões no lobo parietal, mesencéfalo e tálamo podem resultar na síndrome de negligência ou extinção. De acordo com Kandel, Schwartz e Jessel (1995), a síndrome da negligência é uma síndrome associada a lesões do córtex parietal, manifestada pelo negligenciamento da metade oposta do corpo.

Perry e Zeki (2000) pesquisaram o envolvimento do giro supra marginal direito (lobo parietal) na geração dos movimentos oculares e mudança da atenção, dada à ocorrência frequente de negligência visual após lesões nessa parte do cérebro. Foi usada fMRI evento-relacionada para examinar respostas a movimentos oculares e mudança da atenção, de sete indivíduos com síndrome de negligência e controle saudável. Verificou-se que, em sujeitos normais, o giro supra marginal direito tem um papel especial na geração do movimento dos olhos e mudança da atenção, e essa função não é verificada no giro supra marginal esquerdo.

Segundo Machado (2003), a síndrome da negligência ou síndrome de inatencção se manifesta nas lesões do lado direito da área temporoparietal, em razão de esta estar mais relacionada aos processos visuo-espaciais. Também Posner e Fan (2001) atentam para as evidências da lateralização da atenção em humanos relatando que, na junção parietal temporal, área relacionada ao desprendimento de um foco antigo de atenção para um novo, a lesão no lado direito é mais significativa para o déficit atencional do que no lado esquerdo.

Quanto à participação do cerebelo no controle da atenção espacial, esta se limita ao controle motor. Golla, Thier e Haarmeier (2005) compararam o desempenho de pacientes com distúrbios cerebelares com controles normais em tarefas requerendo a mudança da atenção espacial, com e sem a movimentação dos olhos. Concluíram que o cerebelo não contribui para a orientação espacial a menos que estejam sendo empregados os movimentos dos olhos. Portanto, o cerebelo não é parte de uma rede comum subjacente ao controle da atenção

espacial visível nem não-visível da atenção.

O córtex pré-frontal também foi estudado quanto à sua participação na orientação da atenção para eventos recentes. Daffner et al. (2000), em experimento realizado com nove pacientes, vítimas de infarto crônico no córtex pré-frontal, e vinte controles normais, registraram Potenciais Evento Relacionados (ERPs) durante observação, pelos indivíduos, de estímulos basais e recentes. Os resultados mostraram que o dano pré-frontal em humanos interrompe profundamente a resposta P3, uma das amplitudes do ERP, e concluíram que o córtex pré-frontal serve como um componente crítico do sistema de processamento de estímulos recentes.

A rede frontal, incluindo o giro do cíngulo anterior e córtex lateral pré-frontal é também ativada em tarefas que envolvem a *atenção executiva*, ou seja, quando o conflito está presente e a produção de uma resposta não habitual é requerida (POSNER; FAN, 2001). Aspectos complexos da atenção, como a capacidade de seguir sequências ordenadas de pensamentos, dependem fundamentalmente da área pré-frontal (MACHADO, 2003).

Dannhauser et al. (2005) pesquisaram a anatomia funcional da *atenção dividida* em controles saudáveis e indivíduos com mente cognitiva prejudicada por amnésia (AMCI). Foram realizados testes comportamentais e os dados analisados através de fMRI. Durante tarefa de atenção dividida, ambos ativaram regiões pré-frontais do hemisfério esquerdo, estendendo-se através do giro frontal inferior, córtex pré-frontal dorsolateral, ínsula e córtex occipital bilateral. Houve atenuação da ativação da região pré-frontal esquerda em pacientes AMCI, comparado aos indivíduos controles, refletindo alteração funcional da rede subjacente à atenção dividida.

Rowe et al. (2002) estudaram a base neural da *atenção para a ação* em experimento realizado em 12 pacientes com doença de Parkinson e igual número de indivíduos saudáveis. Neste estudo foram usados paradigmas comportamentais e o desempenho dos indivíduos nas tarefas atencionais foi avaliado usando fMRI. Houve aumento da ativação do córtex pré-frontal, área motora suplementar, córtex paracingulado e cerebelo nos sujeitos controles, mas não nos pacientes, indicando desconexão funcional entre os córtices pré-frontal, pré-motor e área motora suplementar, específica do contexto da doença de Parkinson.

Conclusão

Os estudos iniciais que versam sobre a atenção trazem a neuroanatomia da atenção descrita de modo generalizado. Nos estudos atuais ocorre denominação anatômica mais específica. No entanto, é necessário levar em consideração que tipo de atenção está sendo estudada. No campo da nomenclatura acerca dos tipos de atenção, e suas conceituações, nota-se uma profusão de conceitos e teorias psicológicas que conferem com-

plexidade ao tema.

As regiões relatadas por Luria são confirmadas pelos estudos atuais. Este autor descreveu a porção superior do tronco encefálico, a região frontal, córtex límbico, e a formação reticular como importantes no processo de atenção. Em concordância com Luria, os autores atuais descreveram que os colículos superiores e *locus ceruleus*, ambos presentes na região súpero-posterior do tronco encefálico, participam do processo. Devemos considerar que estas últimas descrições vêm refinar as primeiras, uma vez que o *locus ceruleus* se encontra na região dorsal do tronco encefálico, na região da ponte, e se classifica como um dos núcleos da formação reticular. A participação do córtex límbico começa a ser mais detalhada, pois, na ocasião da teoria de Luria, o córtex límbico era considerado apenas as regiões do lobo límbico, ou seja, córtex do cíngulo, parahipocampal e do hipocampo. Atualmente, considera-se que há outras áreas corticais e subcorticais que participam do comportamento emocional e os estudos atuais têm mostrado que as regiões que parecem estar relacionadas com a atenção são as regiões corticais do giro do cíngulo anterior e da ínsula.

A região frontal citada por Luria vem sendo considerada principalmente a região do córtex pré-frontal, estendendo-se através do giro frontal inferior e córtex pré-frontal dorsolateral.

Luria atribui relação com a atenção às zonas posteriores do cérebro, que entendemos como regiões parietais e occipitais, e os estudos atuais evidenciam a participação do giro supra marginal, da região temporo-parietal.

Além do exposto, é preciso considerar a questão da lateralidade. Para vários autores, o lobo parietal envolvido é o lado direito, enquanto que, para outros, a região pré-frontal envolvida é do lado esquerdo. Mas há que se considerar o tipo de atenção envolvida.

A tecnologia atual utilizada nos estudos de neurociência torna os resultados mais específicos, o que representa grande avanço para se compreender a complexa estrutura cerebral. Ao mesmo tempo, confirma resultados obtidos por meio de outras técnicas em outras épocas. Dessa forma, pode-se confirmar a grandiosidade da teoria de Alexandre Luria.

Referências

- AFIFI, A. K.; BERGMAN, R. A. **Neuroanatomia funcional**: texto e atlas. 2. ed. São Paulo: Roca, 2007. 526 p.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 885 p.
- CAMPOS, A.; SANTOS, A. M. G.; XAVIER, G. F. A consciência como fruto da evolução e do funcionamento do sistema nervoso. **Psicologia USP**, v. 8, n. 2, p. 181-226, 1997.
- DAFFNER, K. R. et al. The central role of the prefrontal cortex in directing attention to novel events. **Brain**, v. 123, p. 927-939, 2000.
- DANNHAUSER, T. M. et al. The functional anatomy of divided attention in amnesic mild cognitive impairment. **Brain**, v. 128, p. 1418-1427, 2005.
- GADEA, M. et al. Spectroscopic axonal damage of the right locus coeruleus relates to selective attention impairment in early stage relapsing-remitting multiple sclerosis. **Brain**, v. 127, n. 1, p. 89-98, 2004.
- GOLLA, H.; THIER, P.; HAARMEIER, T. Disturbed overt but normal covert shifts of attention in adult cerebellar patients. **Brain**, v. 128, p. 1525-1535, 2005.
- HAN, S. et al. The role of human parietal cortex in attention networks. **Brain**, v. 127, n. 3, p. 650-659, 2004.
- HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. A construção da atenção a partir da memória. **Rev. Bras. Psiquiat.** v. 25, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://scielo.br/>>. Acesso em: 20 jul. 2008.
- KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M. **Fundamentos de neurociência do comportamento**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1997. 591p.
- KOLB, B.; WHISHAW, I. Q. **Neurociência do comportamento**. São Paulo: Manole, 2002. 601 p.
- LENT, R. **Cem bilhões de neurônios**: conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo: Atheneu, 2004. 698 p.
- LURIA, A. R. **Fundamentos de neuropsicologia**. São Paulo: EDUSP, 1981. 346 p.
- MACHADO, A. B. **Neuroanatomia funcional**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 363 p.
- NAHAS, T. R. Nova perspectiva para tratamento de distúrbios atencionais. **Vox scientiae**, a. 1, n. 2, maio/jun. 2001. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/nucleos/njr/voxscentiae/reportagemtatiana2.html>>. Acesso em: 13 mar. 2008.
- PERRY, R. J.; ZEKI, S. The neurology of saccades and covert shifts in spatial attention: an event-related fMRI study. **Brain**, v. 123, p. 2273-2288, 2000.
- POSNER, M. I.; FAN, J. Attention as an Organ System. Mar. 2001. Disponível em: <<http://www.sacklerinstitute.org/cornell/people/jin.fan/publications/>>

Biologia da atenção.

publications/ANT_AS_ORGAN_SYSTEM.pdf>.
Acesso em: 14 maio 2008.

ROWE, J. et al. Attention to action in Parkinson's disease: impaired effective connectivity among frontal cortical regions. **Brain**, v. 125, p. 276-289, 2002.

SANTOS, S. M. Um modelo integrado de atenção espacial e temporal. **Revista da Fapese**, v. 2, n. 1, p. 47-70, 2006.

XAVIER, G. F. A modularidade da memória e o sistema nervoso. **Psicologia USP**, v. 4, n.1/2, p. 61-115, 1993.

Recebido em: 10/09/2008

Aceito em: 20/06/2009

Received on: 10/09/2008

Accepted on: 20/06/2009