



Alterações anatômicas e funcionais do cérebro de pacientes com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade.

Ana Raisla de Araújo Rodrigues¹, Ana Virgínia Moura e Silva¹, Gabriela Mota Vital Macedo¹, Maria Vitória Celestino Trindade Rodrigues¹, Raimundo Feitosa Neto², Kelly Palombit², Carla Maria de Carvalho Leite², Karinn de Araújo Soares Bastos²

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

O transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) é um distúrbio neurodesenvolvimental multifatorial que se caracteriza por desatenção, hiperatividade, inquietação, esquecimento e impulsividade. Existem evidências de que o TDAH se trata, de fato, de uma disfunção da neurotransmissão dopaminérgica na área frontal, regiões subcorticais e região límbica cerebral, evidenciada através de estudos científicos, apoiados por evidências neurológicas e estudos genéticos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar, por meio da literatura científica, as alterações anatômicas e funcionais do cérebro de pacientes com TDAH. Este estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura, realizada com artigos publicados nas bases de SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico, periódicos online, como a Revista Saúde em Foco e a Associação Saúde da Família, e os livros Princípios de Anatomia e Fisiologia e Princípios de neurociência, utilizando os descritores “alterações”, “anatomia”, “função”, “cérebro” e “TDAH”. As descobertas mais relevantes mostram que há a diminuição da quantidade e atividade da substância branca e cinzenta do cérebro de indivíduos com TDAH, além da evidência da redução do córtex pré-frontal em indivíduos com TDAH. Além disso, notou-se que o déficit nos neurotransmissores dopamina e norepinefrina influenciam na sintomatologia do TDAH. Desta forma, concluiu-se que o TDAH apresenta alterações anatômicas e funcionais importantes que afetam o desenvolvimento do circuito cerebral, gerando uma disfunção e uma alteração no funcionamento neurobiológico, além de provocar um funcionamento atípico do lobo frontal e de estruturas associadas a ele, influenciando no déficit comportamental inibitório e prejudicando as funções executivas do portador de tal condição clínica.

Palavras-chave: Alterações. Anatomia. Função. Cérebro. TDAH.



Anatomical and functional changes of the brain of patients with attention deficit disorder and hyperactivity.

ABSTRACT

Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is a multifactorial neurodevelopmental disorder that is characterized by inattention, hyperactivity, restlessness, forgetfulness and impulsivity. There is evidence that ADHD is, in fact, a dysfunction of dopaminergic neurotransmission in the frontal area, subcortical regions and cerebral limbic region, evidenced through scientific studies, supported by neurological evidence and genetic studies. The objective of this research was to evaluate, through the scientific literature, the anatomical and functional alterations of the brain of patients with ADHD. This study consists of an integrative literature review, carried out with articles published in the databases of SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Scholar, online journals such as Revista Saúde em Foco and Associação Saúde da Família, and the books Principles of Anatomy and Physiology and Principles of Neuroscience, using the descriptors “alterations”, “anatomy”, “function”, “brain” and “ADHD”. The most relevant findings show that there is a decrease in the amount and activity of the white and gray matter of the brain in individuals with ADHD, in addition to evidence of a reduction in the prefrontal cortex in individuals with ADHD. In addition, it was noted that the deficit in the neurotransmitters dopamine and norepinephrine influence the symptoms of ADHD. Thus, it was concluded that ADHD presents important anatomical and functional alterations that affect the development of the brain circuit, generating a dysfunction and a change in neurobiological functioning, in addition to causing atypical functioning of the frontal lobe and structures associated with it, influencing in the inhibitory behavioral deficit and impairing the executive functions of the bearer of such clinical condition.

Keywords: Changes. Anatomy. Function. Brain. ADHD.

Instituição afiliada – ¹ Discente do curso de Enfermagem da Universidade Federal do Piauí - UFPI. ² Docente permanente da Universidade Federal do Piauí – UFPI.

Dados da publicação: Artigo recebido em 20 de Junho, aceito para publicação em 10 de julho e publicado em 31 de Julho de 2023.

DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2023v5n4p27-41>

Autor correspondente: Karinn de Araújo Soares Bastos, karinnsoares@yahoo.com.br



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

INTRODUÇÃO

O sistema nervoso é responsável por executar a coordenação e regulação de todas as funções corporais que são vitais para o ser humano. Ele é constituído por vários órgãos que lhe permitem a capacidade de receber um estímulo externo, interpretá-lo e elaborar uma resposta específica a esse estímulo (Silveira & Rodrigues, 2021).

O transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) é uma condição neuropsiquiátrica que se caracteriza por uma variedade de sintomas, incluindo desatenção, hiperatividade, inquietação, esquecimento e impulsividade, que muitas vezes resultam em dificuldades na regulação do comportamento. Além disso, pessoas com TDAH apresentam diferenças em suas estruturas cerebrais e atividades neuronais quando comparadas a pessoas que não possuem o transtorno. Diferentes trabalhos observaram redução do volume e do funcionamento da substância branca e cinzenta do cérebro de pacientes com TDAH, o que foram relacionados com funções de atenção, planejamento, cognitivo processamento e comportamento (Silveira & Rodrigues, 2021).

Alguns autores afirmam que essa fisiopatologia é decorrente de uma insuficiência de dopamina cerebral (DA), um neurotransmissor responsável pela regulação motora, humor e atenção no sistema nervoso, o que acabaria causando desatenção e distração no nível cognitivo (Nogueira *et al.*, 2019).

O presente artigo busca dar ênfase sobre a anatomia de alguns órgãos, como o cérebro, cerebelo, o corpo estriado, o córtex parietal inferior, o córtex cingulado dorsal posterior, e, concomitantemente, à ação dos neurotransmissores e suas disfunções. Além disso, uma vez que estudos revelaram uma forte correlação entre essas áreas do sistema nervoso com o TDAH, este estudo objetiva também avaliar como possíveis alterações anatômicas e funcionais dos órgãos e dos neurotransmissores estão associadas ao TDAH (Silveira & Rodrigues, 2021).

METODOLOGIA

Esse artigo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com objetivo de avaliar as alterações anatômicas e funcionais do cérebro de pacientes com TDAH. A seleção dos artigos foi realizada por meio de nas bases de dados SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico e de periódicos online, como a Revista



Saúde em Foco e a Associação Saúde da Família, e dos livros Princípios de Anatomia e Fisiologia e Princípios de neurociência publicadas nos últimos 13 anos, utilizando como descritores “alterações”, “anatomia”, “função”, “cérebro” e “TDAH”.

Esta pesquisa foi conduzida por meio de combinação combinada dos descritores, levando em consideração os operadores booleanos, como “AND” e “OR”. Foram excluídos os artigos que se repetiam e os publicados há mais de 13 anos, sendo, então, selecionados 11 artigos e 2 livros que seriam pertinentes à elaboração do presente artigo, uma vez que seguiam os critérios de inclusão ao abordarem as alterações funcionais e/ou anatômicas do cérebro de pacientes com TDAH, trazerem informações acerca do TDAH e relatarem sobre a funcionalidade dos neurotransmissores.

RESULTADOS

O sistema nervoso central (SNC) executa a funcionalidade do processamento e entrada de diversos tipos de informações sensoriais. Paralelo a isso, ele também é a principal fonte dos pensamentos, emoções, memórias e motricidade. Anatomicamente, o SNC é constituído pela medula espinhal e pelo encéfalo. A medula espinhal localiza-se dentro do canal medular da coluna vertebral, sendo que no seu interior encontra-se a substância branca e substância cinzenta, ao passo que no seu exterior ela se comunica com neurotransmissores aferentes e eferentes. Já o encéfalo é composto por quatro partes principais: o cérebro, o diencéfalo, o tronco encefálico e o cerebelo (Tortora, 2016).

O cérebro é o principal órgão do sistema nervoso. Ele é o encarregado de funções como equilíbrio, movimentos, interpretação, percepção, dentre outras. Ele possui duas substâncias muito importantes, chamadas substância branca e substância cinzenta, e o funcionamento destas está associado a funções de atenção, planejamento cognitivo, processamento e comportamento. Foi evidenciado, em diferentes literaturas, que estudiosos observaram uma redução de volume e da funcionalidade das substâncias citadas em pacientes com TDAH. A literatura também mostra a extrema relevância do córtex pré-frontal devido a sua capacidade de interconexão com outras áreas vitais do sistema nervoso e principalmente com os núcleos caudados e com o cerebelo, que estão correlacionados com a regulação, atenção e comportamento (Silveira & Rodrigues,



2021).

A respeito do córtex pré-frontal e sua importância, foi identificada sua redução de volume e um desenvolvimento considerado mais lento em pacientes com TDAH, o que potencializa a hipótese dessa área estar relacionada com o transtorno citado, uma vez que as funções realizadas pelo córtex pré-frontal são muito sensíveis às alterações neuroquímicas, especialmente na norepinefrina e dopamina (Silveira & Rodrigues, 2021).

Ademais, outra importante região cerebral que vem sendo levada em consideração como possível região na qual sua disfuncionalidade está associada ao TDAH é o cerebelo, uma vez que sua função está interligada com o equilíbrio. Além disso, alterações nessas regiões e uma diminuição dos seus lóbulos VI, VII, VIII, IX e X foram evidenciadas em vários estudos que buscam compreender a relação entre a anatomia cerebral e o TDAH (Silveira & Rodrigues, 2021).

Vale ressaltar, também, o importante papel do córtex parietal inferior, já que ele está relacionado a funções cognitivas como atenção e linguagem e uma desregulação nessa região leva a sintomas como falta de atenção, desconcentração e dificuldade na linguagem, que é sabido academicamente que são sintomas recorrentes em pacientes com TDAH. O córtex cingulado anterior dorsal é outra área cerebral que também está envolvida na cognição, controle, motricidade e estado de excitação. Estudos evidenciam exames de neuroimagens funcionais que mostram uma pequena diminuição na espessura dessa estrutura, que foram realizados em pacientes com TDAH (Silveira & Rodrigues, 2021).

Os neurotransmissores, por sua vez, têm como principal função permitir a comunicação entre os neurônios, facilitando essa interação e promovendo a transmissão do impulso nervoso, proporcionando a sua liberação. Eles se difundem pela fenda sináptica ligando-se, momentaneamente, aos receptores específicos do neurônio ou da célula efetora adjacente. Dentre esses receptores, convém destacar os dois principais: a dopamina e a noradrenalina, integrantes do grupo das catecolaminas, os quais em caso de déficit neuronais podem provocar sintomas relacionados ao TDAH (Tortora, 2016).

Uma estrutura que é designada como fonte de dopamina cerebral e que é responsável pelo papel imprescindível da atenção é o corpo estriado. Ele é um dos

núcleos da base do diencéfalo, é constituído pelo núcleo caudado, putâmen, *núcleo accumbens* e *globus pallidus*, que são fundamentais para o funcionamento vital de ações relacionadas à regulação da atenção. Com base nisso, foi encontrada uma forte relação das alterações nessa região com sintomas de TDAH, o que colabora para hipóteses relacionadas ao presente estudo (Silveira & Rodrigues, 2021).

Ademais, vale pontuar que a dopamina é um neurotransmissor responsável pelo controle motor, pela cognição, por funções endócrinas, compensação e emotividade (Tortora, 2016). Quanto ao Sistema Nervoso Central (SNC), ela se encontra em quatro vias principais: a via do mesencéfalo para as zonas motoras involuntárias dos núcleos da base e núcleo estriado; via do mesencéfalo para os lobos frontais, a qual se relaciona com os processos de atenção e de orientação e está envolvida na hiperatividade, que conduz ao déficit de atenção; a via do mesencéfalo para o sistema límbico, área responsável no controle de respostas emocionais, associada com os centros de reforço e estimulação; e a via curta ligada a liberação de hormônios da hipófise. Dessa forma, compreende-se que a dopamina modifica as funções cognitivas, especialmente aquelas ligadas à regulação e à atenção (Azeredo, 2014).

Em segundo lugar, tem-se a noradrenalina como neurotransmissor gerado no *locus ceruleus*, região que contém corpos celulares dos neurônios noradrenérgicos, produzida pelos neurônios do SNC, sendo classificada como uma catecolamina endógena. A sua síntese ocorre a partir do aminoácido tirosina, o qual, pela via da enzima tirosina hidroxilase, sofre hidroxilação, transformando-se em diidroxifenilalanina, que é descarboxilada e modificada em dopamina. Esse neurotransmissor é encarregado de funções como promoção do estado de alerta, memória e ansiedade (Kandel et al., 2014).

Além disso, estudos indicam o TDAH como um distúrbio neurobiológico e evidenciam o déficit funcional da dopamina e da noradrenalina relacionados ao aumento do número dos seus respectivos transportadores, tendo como consequência uma maior captação dos neurotransmissores durante o processo de transmissão do impulso nervoso. Assim, ocorre a diminuição da disponibilidade dessas catecolaminas em concentrações adequadas no cérebro, uma vez que o TDAH é uma condição que afeta regiões envolvidas no processo de cognição e de concentração. Outrossim, irregularidades no funcionamento cerebral de uma criança portadora de TDAH



provocam o aumento do transporte de dopamina e conseqüentemente a sua recaptação, de modo a contribuir para uma disfunção e para um déficit desse neurotransmissor durante a transmissão nervosa (Circunvis et al., 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, conclui-se que o TDAH é um distúrbio neurobiológico que, segundo os estudos citados anteriormente, afeta o cérebro nas regiões ligadas à cognição e a atenção, atuando de modo a reduzir o volume e a funcionalidade da substância branca e da substância cinzenta e o volume do córtex pré-frontal, tornando-o mais lento. Observou-se também nos estudos a relação desse transtorno com a diminuição dos lobos VI, VII, VIII, IX e X do cerebelo e da espessura do córtex cingulado anterior dorsal, além de evidenciarem ligações entre os sintomas de TDAH e as alterações na região do corpo estriado.

Ademais, é notável como o déficit funcional dos neurotransmissores dopamina e norepinefrina contribui para a expressão de sintomas do TDAH, comprometendo regiões neurológicas associadas à fonte de reserva deles como o núcleo acumbente. Outrossim, o transtorno de déficit de atenção e hiperatividade afeta o desenvolvimento do circuito cerebral, gerando uma disfunção e uma alteração no funcionamento neurobiológico, além de provocar um funcionamento atípico do lobo frontal e de estruturas associadas a ele, influenciando no déficit comportamental inibitório e prejudicando as funções executivas.

REFERÊNCIAS

AZEREDO, L.A. **Abordando a regulação dopaminérgica no TDAH: estudo sobre o gene do transportador de dopamina (slc6a3/dat1), fatores de transcrição e suas possíveis interações.** Orientador: Dr. Claiton Henrique Dotto Bau. 2014. Tese de doutorado (Pós-graduando em Genética e Biologia molecular) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2014.

CIRCUNVIS, B.C.; SOUZA, B.F.B.; BESPALHOK, D.N.; OLIVEIRA, M.B. Componentes Bióticos e Genéticos relacionados ao TDAH: Revisão de Literatura. **Biosaúde**, v. 19, n. 2, p. 99-110, 2017.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.; JESSELL, T.M.; SIEGELBAUM, S.A.; HUDSPETH, A.J. **Pincípios de Neurociências.** 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.



NOGUEIRA, D.R.; OLIVEIRA, J.P.; FRANCO, J.; ROMANO, L.H. A funcionalidade dos neurotransmissores no transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH). **Revista Saúde em Foco**, [s. l.], ed. 11, 2019.

SILVEIRA, F.M.; RODRIGUES, F.A. interface cérebro e máquina: atividade neuronal no transtorno déficit de atenção e hiperatividade. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 10, p. 1764-1776, 2021.

TORTORA, Gerard J. **Pincípios de Anatomia e Fisiologia**. 12. ed. Guanabara Kodgan, 2016.