

O impacto do exercício aeróbico e resistido na neuroplasticidade estrutural e funcional do hipocampo em adultos hígidos: uma revisão sistemática

The impact of aerobic and resistance exercise on the structural and functional neuroplasticity of the hippocampus in healthy adults: a systematic review

El impacto del ejercicio aeróbico y de resistencia en la neuroplasticidad estructural y funcional del hipocampo en adultos sanos: una revisión sistemática

DOI:10.34119/bjhrv7n2-358

Originals received: 03/08/2024

Acceptance for publication: 03/29/2024

Marina Mendes Teixeira

Graduanda em Medicina

Instituição: Universidade Tiradentes

Endereço: Aracaju, Sergipe, Brasil

E-mail: marina.mendes99@souunit.com.br

Bruna Almeida de Souza Morais

Graduanda em Medicina

Instituição: Universidade Tiradentes

Endereço: Aracaju, Sergipe, Brasil

E-mail: bruna.morais00@souunit.com.br

Luana Godinho Maynard

Doutora em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Sergipe

Instituição: Universidade Tiradentes

Endereço: Aracaju, Sergipe, Brasil

E-mail: lgmayfisio@gmail.com

Luisa Teixeira Silveira

Graduanda em Medicina

Instituição: Universidade Tiradentes

Endereço: Aracaju, Sergipe, Brasil

E-mail: luisa.tsilveiraa@gmail.com

Yasmin Tourinho Delmondes Trindade

Graduanda em Medicina

Instituição: Universidade Tiradentes

Endereço: Aracaju, Sergipe, Brasil

E-mail: yasmindelmondes@gmail.com

Anelise Marques Feitosa de Souza
Graduanda de Medicina
Instituição: Universidade Tiradentes
Endereço: Aracaju, Sergipe, Brasil
E-mail: anelise.marques@souunit.com.br

Henriky Santana Santos
Graduando de Medicina
Instituição: Universidade Tiradentes
Endereço: Aracaju, Sergipe, Brasil
E-mail: henriky97@gmail.com

Sophia Rezende Diniz
Graduanda de Medicina
Instituição: Universidade Tiradentes
Endereço: Aracaju, Sergipe, Brasil
E-mail: sophiarezendi@outlook.com

RESUMO

Nos últimos anos, estudos têm demonstrado uma associação positiva entre a prática de exercício físico e alterações benéficas na estrutura e função do hipocampo. A presente revisão sistemática visou elucidar a plasticidade estrutural e funcional do hipocampo em resposta ao exercício aeróbico e resistido em indivíduos adultos saudáveis. Foram realizadas buscas nas bases de dados Pubmed, Scopus, e Scielo com descritores que envolvem o hipocampo, o exercício físico, e a neuroplasticidade, visando o público adulto saudável. Diante da busca mediada por filtros e critérios de inclusão foram evidenciados 5 artigos originais que atingiram os critérios de elegibilidade para o estudo presente. Estudos em animais, idosos e indivíduos com patologias diversas foram excluídos da pesquisa, assim como outros objetivos que tangenciam a proposta da revisão. Os estudos evidenciaram predominantemente uma associação positiva entre a intervenção de exercícios físicos e a modificação favorável da morfologia e atividade hipocampal. Observou-se um aumento estrutural em áreas específicas do hipocampo, como o hipocampo anterior e o subcampo DG/CA3, após intervenções de exercício. Além disso, as análises de propriedades dos tecidos cerebrais por ressonância magnética de alta resolução e de imagens funcionais revelaram mudanças relevantes na plasticidade cerebral em resposta ao exercício físico. No entanto, apesar dos achados promissores, é fundamental reconhecer as limitações dos estudos incluídos. Essa compreensão mais profunda dos efeitos do exercício físico no hipocampo em pessoas híidas é essencial para desenvolver estratégias de intervenção personalizadas que promovam a saúde cerebral e cognitiva ao longo da vida.

Palavras-chave: exercício físico, neuroplasticidade, hipocampo, adultos híidos.

ABSTRACT

In recent years, studies have demonstrated a positive association between physical exercise practice and beneficial alterations in the structure and function of the hippocampus. The present systematic review aimed to elucidate the structural and functional plasticity of the hippocampus in response to aerobic and resistance exercise in healthy adult individuals. Searches were conducted in the Pubmed, Scopus, and Scielo databases using descriptors involving the hippocampus, physical exercise, and neuroplasticity, targeting healthy adult audiences. Through search filters and inclusion criteria, 5 original articles that met the eligibility criteria for the present study were identified. Studies in animals, the elderly, and individuals with

various pathologies were excluded from the research, as were other objectives that approached the proposal of the review. The studies predominantly demonstrated a positive association between physical exercise intervention and favorable modification of hippocampal morphology and activity. Structural increases were observed in specific areas of the hippocampus, such as the anterior hippocampus and the DG/CA3 subfield, following exercise interventions. Furthermore, analyses of brain tissue properties using high-resolution magnetic resonance imaging and functional imaging revealed relevant changes in brain plasticity in response to physical exercise. However, despite the promising findings, it is essential to recognize the limitations of the included studies. This deeper understanding of the effects of physical exercise on the hippocampus in healthy individuals is crucial for developing personalized intervention strategies that promote brain and cognitive health throughout life.

Keywords: physical exercise, neuroplasticity, hippocampus, healthy adults.

RESUMEN

En los últimos años, estudios han demostrado una asociación positiva entre la práctica de ejercicio físico y alteraciones beneficiosas en la estructura y función del hipocampo. La presente revisión sistemática tuvo como objetivo elucidar la plasticidad estructural y funcional del hipocampo en respuesta al ejercicio aeróbico y resistido en individuos adultos sanos. Se realizaron búsquedas en las bases de datos Pubmed, Scopus y Scielo con descriptores que involucran el hipocampo, el ejercicio físico y la neuroplasticidad, dirigidos al público adulto sano. Ante la búsqueda mediada por filtros y criterios de inclusión, se evidenciaron 5 artículos originales que cumplieron con los criterios de elegibilidad para el estudio presente. Estudios en animales, ancianos e individuos con patologías diversas fueron excluidos de la investigación, así como otros objetivos que se acercan a la propuesta de la revisión. Los estudios predominantemente evidenciaron una asociación positiva entre la intervención de ejercicios físicos y la modificación favorable de la morfología y actividad hipocampal. Se observó un aumento estructural en áreas específicas del hipocampo, como el hipocampo anterior y el subcampo DG/CA3, después de intervenciones de ejercicio. Además, los análisis de propiedades de los tejidos cerebrales mediante resonancia magnética de alta resolución y de imágenes funcionales revelaron cambios relevantes en la plasticidad cerebral en respuesta al ejercicio físico. Sin embargo, a pesar de los hallazgos prometedores, es fundamental reconocer las limitaciones de los estudios incluidos. Esta comprensión más profunda de los efectos del ejercicio físico en el hipocampo en personas sanas es esencial para desarrollar estrategias de intervención personalizadas que promuevan la salud cerebral y cognitiva a lo largo de la vida.

Palabras clave: ejercicio físico, neuroplasticidad, hipocampo, adultos sanos.

1 INTRODUÇÃO

O hipocampo é uma região de suma importância para o processamento de informações espaciais e episódicas. Ele transforma estímulos sensoriais em representações neurais coesas, e armazena essas informações como memórias de forma integrada ao córtex cerebral. Localizado na parte medial do lobo temporal, o hipocampo atua, além da consolidação, na recuperação de memórias declarativas, onde podemos reter novas lembranças (1). Atualmente, diante de

diversas análises, acredita-se que há uma forte vertente sobre a relação entre o exercício físico e a neuroplasticidade do hipocampo, que resulta em um aumento estrutural e uma melhoria funcional. Estudos originais em humanos evidenciam alterações relacionadas com o exercício na morfologia cerebral que são mediadas por vários fatores de crescimento, tais como o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), o fator de crescimento semelhante à insulina-I (IGF-I) e o fator de crescimento endotelial vascular (VEGF) criando novas conexões nervosas diante das redes neuronais (2)(3)(4)(5) Ademais, atualmente é evidente o papel do exercício físico na saúde mental, modulando de forma positiva o estresse, a ansiedade e os níveis de depressão, além de ser neuroprotetor de doenças degenerativas (6)(7)(8)(9) Para analisar a função do exercício na vigência de patologias neurológicas, é necessário investigar o seu papel em indivíduos saudáveis, a fim de obter um conhecimento amplo sobre a fisiologia neuronal do exercício. Diante desse contexto, esta revisão sistemática tem como objetivo elucidar o impacto do exercício aeróbico e resistido na neuroplasticidade estrutural e funcional do hipocampo em adultos hígidos a partir de estudos originais, uma vez que as análises ainda se divergem nesse contexto atual.

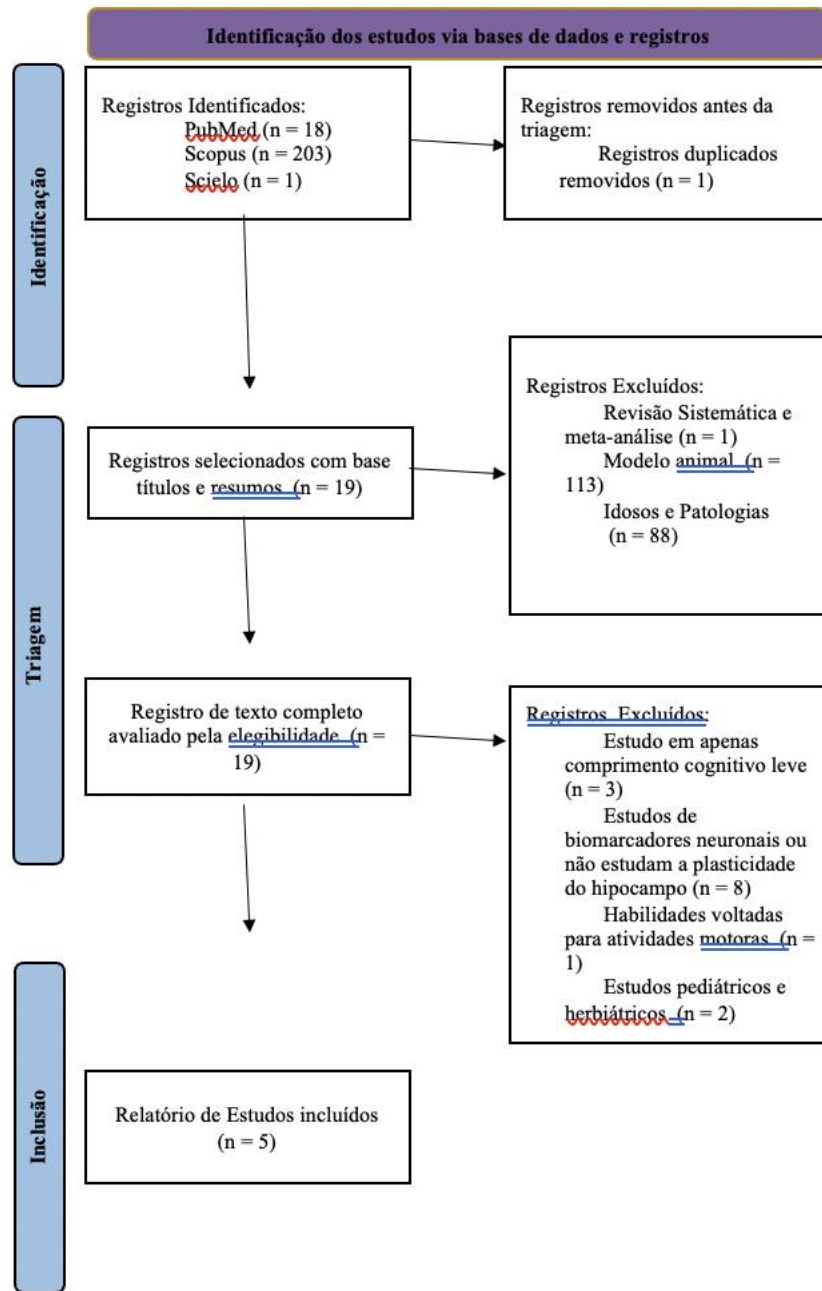
2 METODOLOGIA

Este estudo seguiu a metodologia PRISMA, 2020. A pesquisa foi realizada por três autores independentes por meio de descritores padronizados com intuito de aumentar a confiabilidade e reduzir o viés de seleção. Esta pesquisa foi iniciada na plataforma Pubmed, composta pelos descritores que envolvem o hipocampo, a neuroplasticidade e exercício, em português e inglês e, foi filtrada por texto completo e texto completo gratuito nos últimos 10 anos, atribuído por artigos do tipo livro e documentos, ensaio clínico, assim como teste controlado e aleatório. Foram excluídos da pesquisa: metanálise, análise e revisão sistemática; uma vez que vão de encontro à estruturação de uma revisão sistemática, e ordenado pelos estudos mais recentes. Diante disso, foram encontrados 18 resultados, sendo 4 estudos selecionados de acordo com os critérios de inclusão após a leitura completa de 8 artigos originais. Dos 14 artigos não selecionados, foram descartados devido à tangência do tema proposto por incluírem apenas idosos, crianças, patologias neuropsíquicas, exercício de estimulação transcraniana por corrente contínua e neuroplasticidade por treinamento musical.

Posteriormente, a pesquisa seguiu na plataforma Scopus. Foi composta pelos descritores: neuroplasticidade e hipocampo e exercício e adulto, em português e em inglês. Foi filtrada por artigos de pesquisa e comunicações curtas nos últimos 10 anos, atribuído por

pesquisa comportamental do cérebro (48), neurociências (23), fisiologia e comportamento (20) neuroimagem (19) Boletim de pesquisa do cérebro (16) Pesquisa do cérebro (15) Cartas Neurociências (14) Neurologia Experimental (13) Neurobiologia da Aprendizagem de memória (9) Neuroimagem: clínica (8) Pesquisa psiquiátrica (7). Ademais foram incluídas as áreas temáticas Neuroscience (203) Medicine and Dentistry (53) sendo pesquisado qualquer tipo de acesso, além do acesso aberto. Foi excluído da pesquisa: Neurofarmacologia (13) Gerontologia Experimental (12) Cerebro, Comportamento e Imunidade (12) Jornal de Transtornos Afetivos (11) Pesquisa sobre esquizofrenia (7) Hipóteses Médicas (7) Progresso em Neuro-psicofarmacologia e Psiquiatria Biológica (6) Ciências da vida (5) Neurobiologia da doença (5) Neurobiologia do estresse (5) Farmacologia, Bioquímica e comportamento (4) Hormônios e Comportamento (4). Diante disso, encontramos 203 resultados apresentados nos parênteses de acordo com os filtros nos quais, 9 estudos foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão relacionados ao tema proposto. Dos 195 artigos não selecionados, foram descartados 110 artigos por serem estudos com animais (ratos, camundongos) e 84 artigos que não se encaixava nos critérios de inclusão por serem estudos em idosos, crianças, relacionada à diversas patologias neuro psíquicas e orgânicas sendo dispensável para o estudo. Após a leitura completa de 9 artigos, foram descartados 8 dos artigos por não incluir a plasticidade estrutural e funcional do hipocampo no estudo, sendo os resultados limitados apenas para os fatores neurotróficos envolvendo neuroquímica. E por fim a pesquisa encerrou na busca pela plataforma Scielo com os mesmos descritores em português e inglês da plataforma Scopus sendo evidenciado 1 artigo com estudo realizado em roedor, sendo assim descartado da pesquisa. Foram incluídos na pesquisa apenas estudos originais com humanos adultos jovens e de meia-idade hígidos relacionando o exercício físico com as mudanças no hipocampo. Essas buscas foram realizadas até o dia 13 de fevereiro de 2024. A seleção de dados não se divergem entre os autores. Após as análises dos autores desta revisão, os artigos selecionados foram identificados de moderado a alto risco de viés, conforme deferido na tabela 1, sendo que todos os estudos consideraram nível de significância de 0,05.

Figura 1: Fluxograma de busca e seleção dos artigos nas bases de dados



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

3 RESULTADOS

Os estudos incluídos foram publicados nos últimos 10 anos (2014-2024) e as principais particularidades estão listadas na tabela 1. Dois estudos foram realizados na Alemanha (Berlim), um nos Estados Unidos (Boston), um no Reino Unido (Oxford) e um no Canadá (Ontário). Todos os estudos fizeram uma triagem para uma seleção apurada dos participantes a fim de excluir fatores patológicos, distúrbios neuroanatômicos, e qualificação para realizar a

ressonância magnética. Em quatro estudos foram incluídos homens e mulheres, sendo um estudo incluído apenas homens. Todos os estudos apresentaram um grupo controle saudável composto por indivíduos com distribuição semelhante de idade e sexo.

Tabela 1: Características gerais dos estudos incluídos.

Autor e Ano	Local	Idade Média	Participantes / Sexo	Intervenção	Detalhe da Intervenção	Método de RM	Áreas Analisadas	Resultados do Hipocampo
Adam G Thomas, 2015	Oxford, Reino Unido	33,7 (DP=1,9)	62 (M=35/H=27)	T= 12 sem. EA = 6 sem (30min; 5x/sem). RP= 6 sem. Bicicleta Ergometrica	GA1=30 pessoas. GA2 =24 pessoas. CT=8 pessoas. GD=0 pessoas.	MPRAGE (9 medidas: T1, T2, MD, FA, QSM, CBV, SWI, GM, WM)	HA	Aumento do HA, pelo mecanismo da mielinização. Havendo regressão após 6 sem
Joanne Gourgov elis, 2017	Ontário, Canadá	29,94 (DP=9,81)	16 (M=11/H=5)	T= 8 sem. EA= 8 sem (150min; 1x/sem). RE= 8 sem (2x / sem). Esteira, bicicleta estacionária ou elíptico e Equipamentos de Musculação	GA1=8 pessoas. GA2=8 pessoas. CT=0 pessoas. GD=0 pessoas.	fMRI (Scanner de RM de 3 Tesla com bobina de cabeça de 32 canais) software SPM12 + E-PRIME 2.0, Ponderada T2	HE, HD	Redução marginal na ativação do hipocampo em ambos os grupos TDM e saudáveis. Sugerindo que houve uma diminuição na atividade do hipocampo
Luise Woost, 2018	Leipzig, Alemanha	25,24 (DP=3,55)	99 (M=60/H=39)	T= 16 sem. EA= 3-4 sem (20min/ 2x-3x por sem). RP= 5+7. Bicicleta Ergometrica	GA1=26 pessoas. GA2=24 pessoas. CT=26 pessoas. GD=23 pessoas.	Scanner 7T (Mapas T1 por sequência de MP2RAGE). Tempo de relaxamento T1	CA1, CA2, CA3 e DG/C A4, ERC, SUB	Não evidenciou mudanças significativas nos tempos de relaxamento T1 das diferentes subáreas do hipocampo nos avaliando composição e \ propriedade dos tecidos
Rachel K. Nauer, 2019	Boston, Massachusetts	25,7 (DP=3,3)	38 (M=31/H=7)	T= 12 sem. EA= 12 sem (20-40min 3x/ sem). RE= 12sem (3x/ sem). Esteira e Equipamentos de Musculação	GA1=17 pessoas. GRE=21 pessoas. CT=0 pessoas. GD=0 pessoas.	MPRAGE	CA1, DG/C A3, SUB	Aumento do volume na região mais anterior do Hipocampo, especificament e no subcampo DG/CA3
Anika Friedl-Werner, 2020	Berlim, Alemanha	29 (DP=6)	23 (M=0/H=23)	T = 2m. EA: 60 dias (30min 5x por sem) + RE: 60 dias. Salto em	GA1= 11 pessoas. CT=0 pessoas.	fMRI (Scanner Siemens Biograph	HE, HD, Giro Para-	No grupo de exercício houve uma diminuição do

				trenó personalizado (Pliométrico)	GD=11 pessoas.	mMR de 3 Tesla com bobina de cabeça de 16 canais) Utilizou: software SPM12 + Matlab R2015b, Ponderada T2	hipocampal	senal BOLD no hipocampo e no giro para hipocampal. Resultando em uma diminuição da ativação pelo nível de oxigênio vascular
--	--	--	--	-----------------------------------	----------------	--	------------	---

Legendas: DP= Desvio Padrão / M= Mulheres / H= Homens / EA= Exercício Aeróbico / RP= Repouso / RE= Exercício de Resistência / T= Total / CT= Grupo controle / GA1= grupo aeróbico 1 / GA2= grupo aeróbico 2 / GD= Grupo descanso / GRE= Grupo de resistencia / HA= Hipocampo anterior / MPRAGE= Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo / MP2RAGE= magnetization-prepared two rapid acquisition gradient echoes / fMRI = ressonância magnética funcional / ERC = córtex entorrinal esquerdo e direito / SUB= subículo / HE= Hipocampo Esquerdo / HD= Hipocampo Direito/ BOLD = Blood Oxygen Level Dependent / TDM= Transtorno depressivo maior

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024. Dados coletados de artigos selecionados para a construção da pesquisa.

O Quadro 1 mostra a ferramenta de avaliação da qualidade que resultou em risco de viés moderado a baixo. Embora as questões de pesquisa e as medidas de resultados tenham sido claramente definidas em todos os estudos, questões importantes sobre o desenho do estudo não foram claramente evidenciadas e descritas, tais como: medidas de exposição do grupo de controle, cegamento dos avaliadores de resultados, justificativa do tamanho da amostra, além da seleção da população, sendo realizada indiferenciando o público feminino e masculino com resultados de forma unânime. Todos os estudos consideraram nível de significância de 0,05.

Quadro 1. Avaliação de risco de viés dos artigos selecionados.

Questionário	Adam G Thomas, 2015	Joanne Gourgouvelis, 2017	Luisse Woos, 2018	Rachel K. Nauer, 2019	Anika Friedl-Werner, 2020
1. A questão ou objetivo da pesquisa neste artigo foi claramente declarado?	S	S	S	S	S
2. A população do estudo foi claramente especificada e definida?	S	S	S	S	S
3. A taxa de participação das pessoas elegíveis foi de pelo menos 50%?	S	ND	ND	N	S
4. Todos os sujeitos foram selecionados ou recrutados da mesma população ou de populações semelhantes (incluindo o mesmo período de tempo)? Os critérios de inclusão e exclusão para participação no estudo foram pré-especificados e aplicados uniformemente a todos os participantes?	N	N	N	N	S
5. Foi fornecida uma justificativa do tamanho da amostra, uma descrição do poder ou estimativas de	N	N	N	N	N

variação e efeito?					
6. Para as análises deste artigo, as exposições de interesse foram medidas antes do(s) resultado(s) ser(em) medido(s)?	S	S	S	S	S
7. O prazo foi suficiente para que se pudesse razoavelmente esperar ver uma associação entre a exposição e o resultado, caso existisse?	S	S	S	S	S
8. Para exposições que podem variar em quantidade ou nível, o estudo examinou diferentes níveis de exposição relacionados ao resultado (por exemplo, categorias de exposição ou exposição medida como variável contínua)?	S	S	S	S	S
9. As medidas de exposição (variáveis independentes) foram claramente definidas, válidas, confiáveis e implementadas de forma consistente em todos os participantes do estudo?	S	S	S	S	S
10. A(s) exposição(ões) foi(ão) avaliada(s) mais de uma vez ao longo do tempo?	S	S	S	S	S
11. As medidas de resultados (variáveis dependentes) foram claramente definidas, válidas, confiáveis e implementadas de forma consistente em todos os participantes do estudo?	S	S	S	S	S
12. Os avaliadores dos resultados estavam cegos quanto ao estado de exposição dos participantes?	ND	ND	ND	ND	ND
13. A perda de acompanhamento após o início do estudo foi de 20% ou menos?	N	S	ND	N	S
14. As principais variáveis potenciais de confusão foram medidas e ajustadas estatisticamente quanto ao seu impacto na relação entre exposição(ões) e resultado(s)?	S	S	S	S	S

Legenda: S= sim / N= não / ND= não determinado
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

4 DISCUSSÃO

Ao longo das últimas décadas, estudos em modelos animais, como roedores, e em seres humanos têm proporcionado evidências substanciais de uma plasticidade estrutural e funcional dinâmica no hipocampo, sendo associada de forma positiva com os níveis de aptidão aeróbica (10)(11)(12)(13). Diante do contexto atual, esta revisão sistemática tem como fundamentação analisar os efeitos do exercício na plasticidade hipocampal em seres humanos hígidos a partir de 5 estudos originais elegíveis para inclusão, com um total de 238 participantes.

Uma das principais evidências do estudo atual é o aumento estrutural de algumas áreas do hipocampo, em específico, dois estudos mostraram um aumento notório do hipocampo anterior. Foi evidenciado uma ampliação imediata dessa região após uma intervenção de 6 semanas de exercício aeróbico sendo investigado pelo método de RM MPRAGE a partir de 9 medidas (T1, T2, MD, FA, QSM, CBV, SWI, GM, WM) com padrões de alteração indicando mudanças consistentes por uma variante de mielinização (aumento do WM, diminuição do T2 e QSM), retornando ao valor basal 6 semanas após cessar a intervenção (14). Essa evidência deve ser limitada devido ao achado inconsistente com a diminuição do T1, uma sequência adequada para elucidar um acréscimo da mielinização (14)(16). Em contrapartida, sugere-se que essa discrepância poderia ser devido a imprecisões nos métodos de quantificação do T1, já que outra medida usada para avaliar a mielinização, a razão T1/T2 (17), mostrou um aumento no hipocampo anterior. Outro estudo com finalidade semelhante, relacionou uma mudança estrutural coerente com a ampliação mais especificamente no subcampo DG/CA3, utilizando também o método MPRAGE diferenciando nos padrões de medidas (18). Ambos os estudos têm embasamentos consistentes com pesquisas anteriores realizadas em idosos, e em vigência de patologias como esquizofrenia e demências, nos quais indicam o aumento macroscópico estrutural do hipocampo após intervenções de exercício físico (19)(12)(13)(20)(7)(21) . Entretanto, os dois estudos têm limitações em relação ao tamanho da amostra, além de não diferir os resultados entre os sexos, visto que há uma diferença na atuação da neuroplasticidade entre homens e mulheres.

Foi investigado também as medidas de propriedades dos tecidos cerebrais, pela avaliação do tempo de relaxamento de T1, usando uma RM de 7 teslas (7T). Essa avaliação reflete na taxa a qual a magnetização longitudinal de um tecido retorna ao seu estado de equilíbrio após ser perturbada por um pulso de radiofrequência, podendo inferir mudanças na densidade de células, na presença de mielina, ou em outros componentes estruturais (22). Esse estudo não encontrou mudanças significativas na relaxação T1 ao longo do tempo após as diferentes intervenções de treinamento. No entanto, neste modelo de investigação há restrições quanto à técnica de relaxação T1 inerentes na detecção de certos tipos de plasticidade ou mudanças sutis ao longo do tempo, além da estratégia utilizada na ressonância poder ser sensível à artefatos (23). Então, são necessários mais estudos que realizam essa técnica de forma semelhante para a mesma população a fim de obter mais comparativos e um achado consistente com outras pesquisas.

Estudos utilizando técnicas de imagem funcional, como fMRI, têm demonstrado que o exercício físico está associado à alterações na atividade do hipocampo, incluindo reduções

transitórias pós-exercício. Essas reduções podem refletir processos adaptativos, tais como plasticidade neural e otimização do processamento cognitivo. Foi evidenciado em dois estudos pilotos, elegíveis pelos critérios de inclusão desta revisão, uma diminuição da atividade do hipocampo pela análise funcional da RM fMRI durante a evocação de memória associativa e episódica pós intervenção de exercício, ambos utilizando a imagem ponderada em T2 e fMRI (3 tesla) mas diferenciando nos softwares e no número de bobinas (24)(25). Esse achado pode indicar uma maior eficiência do processamento neural, pois a diminuição da atividade em certas regiões cerebrais durante tarefas cognitivas específicas tem sido associada a um desempenho cognitivo melhor, indicando que a atividade reduzida pode refletir um processamento mais eficiente podendo promover uma melhoria na eficiência do processamento da memória com menos gasto de energia (22)(27)(28). No entanto, essa afirmação pode estar em desacordo, visto que há estudos que relatam uma diminuição da funcionalidade do hipocampo em doenças degenerativas, enquanto outros evidenciam o aumento da funcionalidade nessa mesma patologia (29).

Além disso, a análise de pessoas híginas pode ser um pilar para novas descobertas diante de inúmeras patologias que envolvem o hipocampo. Atualmente, já é notório o impacto do exercício físico na promoção da saúde neuropsiquiátrica, interferindo de forma econômica e acessível em inúmeros tratamentos associados ou não ao medicamentoso (30)(11)(7)(31). Em um dos estudos pilotos incluídos na pesquisa, foi evidenciado tanto no grupo composto por indivíduos com transtorno depressivo maior (TDM), quanto no grupo de indivíduos saudáveis, uma melhora na avaliação psicométrica da Escala de Depressão de Beck (BDI-II), sendo mais evidente no grupo TDM (24). Esse achado realça o efeito antidepressivo robusto pela intervenção de exercício físico aeróbico e resistido em indivíduos saudáveis e com TDM. Ambos os grupos relataram a melhora do humor após as intervenções, tornando uma atividade unânime para a difusão do bem estar coletivo.

Os resultados desta revisão sistemática têm implicações significativas para a promoção de fatores hipocampo dependentes, como memória espacial, memória episódica, regulação emocional, cognição e outros. Este estudo serve de fundamentação para direcionar o desenvolvimento de estratégias de prevenção e tratamento de distúrbios neurológicos associados à disfunção do hipocampo a partir de estudos em indivíduos sem condições patológicas. Compreender os efeitos do exercício físico nesta região cerebral crucial pode informar intervenções personalizadas e programas de exercícios adaptados para indivíduos em diferentes faixas etárias e com diferentes condições de saúde. No entanto, é essencial expandir a pesquisa nesta área para elucidar completamente os mecanismos envolvidos e para adquirir

informações adicionais e comparativas, a fim de aprofundar nossa compreensão e fornecer insights mais abrangentes sobre o tema em questão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão sistemática destaca a associação entre o exercício físico e a plasticidade do hipocampo em indivíduos saudáveis. Apesar das limitações nos estudos incluídos, os achados reforçam a importância de investigações adicionais para esclarecer completamente os efeitos benéficos do exercício no cérebro. Essas descobertas têm implicações significativas para a saúde cerebral e podem informar estratégias de intervenção personalizadas para promover o bem-estar cognitivo.

REFERÊNCIAS

1. LOMBROSO, Paul. Aprendizado e memória. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v. 26, p. 207-210, 2004.
2. COTMAN, Carl W.; BERCHTOLD, Nicole C.; CHRISTIE, Lori-Ann. O exercício melhora a saúde do cérebro: papéis principais das cascatas de fatores de crescimento e da inflamação. **Tendências em neurociências**, v. 30, n. 9, pág. 464-472, 2007.
3. XIAO, Junhua et al. Brain-derived neurotrophic factor promotes central nervous system myelination via a direct effect upon oligodendrocytes. **Neurosignals**, v. 18, n. 3, p. 186-202, 2011.
4. COTMAN, Carl W.; BERCHTOLD, Nicole C. Exercício: uma intervenção comportamental para melhorar a saúde e a plasticidade do cérebro. **Tendências em neurociências**, v. 25, n. 6, pág. 295-301, 2002.
5. TREJO, José Luís; CARRO, Eva; TORRES-ALEMAN, Ignacio. O fator de crescimento circulante semelhante à insulina I medeia aumentos induzidos pelo exercício no número de novos neurônios no hipocampo adulto. **Revista de Neurociências**, v. 5, pág. 1628-1634, 2001.
6. VIVAR, Carmem; POTTER, Michelle C.; VAN PRAAG, Henriette. Tudo sobre corrida: plasticidade sináptica, fatores de crescimento e neurogênese do hipocampo adulto. **Neurogênese e plasticidade neural**, p. 189-210, 2013.
7. COLCOMBE, Stanley; KRAMER, Arthur F. Efeitos do condicionamento físico na função cognitiva de idosos: um estudo meta-analítico. **Ciência psicológica**, v. 14, n. 2, pág. 125-130, 2003.
8. SCHWARB, Hillary et al. Aptidão aeróbica, viscoelasticidade do hipocampo e desempenho de memória relacional. **Neuroimagem**, v. 153, pág. 179-188, 2017.
9. DÉRY, Nicolas et al. A neurogênese do hipocampo adulto reduz a interferência na memória em humanos: efeitos opostos do exercício aeróbico e da depressão. **Fronteiras na neurociência**, v. 7, p. 66, 2013.
10. CREER, David J. et al. Correr melhora a separação de padrões espaciais em ratos. **Anais da Academia Nacional de Ciências**, v. 107, n. 5, pág. 2367-2372, 2010.
11. CHADDOCK, Laura et al. Uma investigação de neuroimagem da associação entre aptidão aeróbica, volume do hipocampo e desempenho de memória em crianças pré-adolescentes. **Pesquisa cerebral**, v. 1358, p. 172-183, 2010.
12. ERICKSON, Kirk I. et al. A aptidão aeróbica está associada ao volume do hipocampo em humanos idosos. **Hipocampo**, v. 19, n. 10, pág. 1030-1039, 2009.
13. MAAß, Anne et al. Plasticidade vascular do hipocampo após exercício aeróbico em idosos. **Psiquiatria molecular**, v. 20, n. 5, pág. 585-593, 2015.
14. THOMAS, Adam G. e outros. Caracterização multimodal do rápido aumento do volume do hipocampo anterior associado ao exercício aeróbico. **Neuroimagem**, v. 131, pág. 162-170, 2016.

15. STÜBER, Carsten et al. Myelin and iron concentration in the human brain: a quantitative study of MRI contrast. **Neuroimage**, v. 93, p. 95-106, 2014.
16. LUTTI, Antoine et al. Usando mapeamento quantitativo de alta resolução de R1 como índice de mielinização cortical. **Neuroimagem**, v. 93, pág. 176-188, 2014.
17. GLASER, Matthew F.; VAN ESSEN, David C. Mapeamento de áreas corticais humanas in vivo com base no conteúdo de mielina conforme revelado por ressonância magnética ponderada em T1 e T2. **Revista de Neurociências**, v. 31, n. 32, pág. 11597-11616, 2011.
18. NAUER, Rachel K. et al. Melhorar o condicionamento físico aumenta o volume do giro denteado/CA3 na cabeça do hipocampo e melhora a memória em adultos jovens. **Hipocampo**, v. 30, n. 5, pág. 488-504, 2020.
19. SHIMADA, Hiroyuki et al. Efeitos do exercício na atividade cerebral durante a caminhada em idosos: um ensaio clínico randomizado. **Jornal de neuroengenharia e reabilitação**, v. 14, p. 1-9, 2017.
20. ROSANO, Caterina et al. Resposta do hipocampo a uma intervenção de atividade física de 24 meses em idosos sedentários. **The American Journal of Geriatric Psychiatry**, v. 3, pág. 209-217, 2017.
21. SIM, Fei et al. Níveis séricos alterados do fator de crescimento endotelial vascular no primeiro episódio de esquizofrenia medicamentosa crônica e sem tratamento prévio. **Pesquisa Psiquiátrica**, v. 264, p. 361-365, 2018.
22. WOOST, Luise et al. Exercício físico e treinamento espacial: um estudo longitudinal dos efeitos na cognição, fatores de crescimento e plasticidade do hipocampo. **Relatórios científicos**, v. 8, n. 1, pág. 4239, 2018.
23. GERMEYAN, Sierra C. et al. Segmentação hipocampal automatizada versus manual em pacientes pré e pós-operatórios com epilepsia. **Epilepsia**, v. 55, n. 9, pág. 1374-1379, 2014.
24. GOURGOUVELIS, Joanne et al. O exercício promove a neuroplasticidade em cérebros saudáveis e deprimidos: um estudo piloto de fMRI. **Plasticidade neural**, v. 2017, 2017.
25. FRIEDL-WERNER, Anika et al. Mudanças induzidas pelo exercício na atividade cerebral durante a codificação e recuperação da memória após repouso prolongado na cama. **NeuroImage**, v. 223, pág. 117359, 2020.
26. KRAFFT, Cynthia E. et al. Um ensaio clínico randomizado e controlado de 8 meses altera a ativação cerebral durante tarefas cognitivas em crianças com excesso de peso. **Obesidade**, v. 22, n. 1, pág. 232-242, 2014.
27. SMITH, J. Carson e outros. Ressonância magnética funcional de memória semântica e função cognitiva após intervenção com exercício em comprometimento cognitivo leve. **Revista da doença de Alzheimer**, v. 37, n. 1, pág. 197-215, 2013.
28. HERTING, Megan M.; NAGEL, Bonnie J. Diferenças na atividade cerebral durante uma tarefa de codificação de memória associativa verbal em adolescentes de alta e baixa aptidão. **Revista de neurociência cognitiva**, v. 25, n. 4, pág. 595-612, 2013.
29. WAGNER, Anthony D.; DAVACHI, Lila. Neurociência cognitiva: esquecimento de coisas passadas. **Biologia Atual**, v. 11, n. 23, pág. R964-R967, 2001.

30. BENEDICT, Christian et al. Associação entre atividade física e saúde cerebral em idosos. **Neurobiologia do envelhecimento** , v. 34, n. 1, pág. 83-90, 2013.
31. LIMA, Isabella Alves Santiago; RIBEIRO, Lorena Christine Galeno; PRIETO, Alessandra Vidal. Efeitos do exercício físico nos sintomas de depressão, ansiedade e estresse em mulheres adultas do Distrito Federal. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, n. 1, p. 1479-1494, 2023.
32. ERICKSON, Kirk I. et al. O treinamento físico aumenta o tamanho do hipocampo e melhora a memória. **Anais da Academia Nacional de Ciências** , v. 108, n. 7, pág. 3017-3022, 2011.
33. GIBSON, Erin M. et al. A atividade neuronal promove oligodendrogênese e mielinização adaptativa no cérebro de mamíferos. **Ciência** , v. 344, n. 6183, pág. 1252304, 2014.
34. GOMEZ-PINILLA, Fernando; HILMAN, Charles. A influência do exercício nas habilidades cognitivas. **Fisiologia Compreensiva** , v. 3, n. 1, pág. 403, 2013.
35. HOPKINS, Michael E. et al. Efeitos diferenciais do exercício físico agudo e regular na cognição e no afeto. **Neurociência** , v. 215, p. 59-68, 2012.
36. PEREIRA, Ana C. et al. Um correlato in vivo da neurogênese induzida pelo exercício no giro denteado adulto. **Anais da Academia Nacional de Ciências** , v. 104, n. 13, pág. 5638-5643, 2007.
37. PONTES, Beatriz de Oliveira Guimarães; DE MORAIS DIOGO, Francielle Eugenio; ESPINDOLA, Renata Serafim. Exercício físico controlado como método para prevenir e retardar o curso de doenças Senis: o que as evidências apontam. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 2, p. 8633-8640, 2021.
38. RIBEIRO, Luiza Helena Mendonça et al. O exercício físico no combate à Ansiedade e seu efeito no regulador fisiológico BDNF. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, n. 6, p. 26621-26639, 2023.
39. ROSSI, Flavia Larsen Santos et al. Plasticidade hipocampal induzida pelo exercício físico. **RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 18, n. 113, p. 45-56, 2024.