

PLASTICIDADE HIPOCAMPAL INDUZIDA PELO EXERCÍCIO FÍSICO

Flavia Larsen Santos Rossi¹, Nicolly Beatriz Talarico de Moraes², Sheila Maria de Luna Nascimento³
 Ana Julia Zanghelini¹, Ana Flávia Barni¹, Bárbara Borba Sedrez¹, Kamilly Ieda Silva Veigas¹
 Guilherme Valdemarca⁴, Luciana Mendes Oliveira⁵

RESUMO

Introdução: Estudos mostram que o exercício físico tem a capacidade de influenciar o sistema nervoso central, de forma a trazer benefícios à saúde humana através do estímulo da neurogênese, sinaptogênese e angiogênese cerebral. O hipocampo é tido como uma região do sistema nervoso central com elevada plasticidade, mediante, principalmente, à neurogênese. Esta, por sua vez, pode ser influenciada de forma negativa por fatores como o envelhecimento e estresse, e positivamente por estímulos como o reforço cognitivo e o exercício físico. Ressaltando a importância da neuroplasticidade hipocampal, principalmente na vida adulta, bem como a influência que o ambiente exerce nesse processo. **Objetivo:** Realizar uma revisão integrativa a respeito da plasticidade hipocampal induzida pelo exercício físico. **Matérias e Métodos:** Foram reunidos artigos científicos publicados nas bases de dados da Biblioteca Virtual em Saúde e PUBMED do ano 2018 até março de 2023, com os descritores: neuronal plasticity AND exercise, incluindo seus termos relacionados em português. **Resultados:** Diversos estudos apresentam o exercício físico como uma ótima ferramenta de prevenção e tratamento adjuvante para inúmeras condições patológicas. **Conclusão:** Os artigos selecionados corroboram com o resultado de que o exercício físico tem impacto positivo na neuroplasticidade hipocampal. Sendo as atividades aeróbicas de moderada a alta intensidade, atividade resistida leve/moderada e treinamento motor-espacial, os exercícios com maior impacto cerebral.

Palavras-chave: Plasticidade Hipocampal. Exercício Físico. Neuroplasticidade. Hipocampo.

- 1 - Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Santa Catarina, Brasil.
- 2 - Universidade Positivo, Paraná, Brasil.
- 3 - Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG), Mato Grosso, Brasil.
- 4 - Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

ABSTRACT

Exercise-induced hippocampal plasticity

Introduction: Studies show that physical exercise has the ability to influence the central nervous system, in order to bring benefits to human health through the stimulation of neurogenesis, synaptogenesis (more expressively in the dentate gyrus) and cerebral angiogenesis. The hippocampus is considered as a region of the central nervous system with high plasticity, mainly through neurogenesis. This, in turn, can be negatively influenced by factors such as aging and stress, and positively by stimulus such as cognitive reinforcement and physical exercise. Emphasizing the importance of hippocampal neuroplasticity, especially in adult life, as well as the influence that the environment exerts in this process. **Objective:** To conduct an integrative review regarding the hippocampal plasticity induced by physical exercise. **Materials and Methods:** Articles published between 2018 and 2023 were searched in the Biblioteca Virtual em Saúde and PUBMED databases, using the keywords neuronal plasticity AND exercise, including its related terms in Portuguese. **Results:** Several studies show physical exercise as a great tool for prevention and adjuvant treatment for numerous pathological conditions. **Conclusion:** The selected articles corroborate the result that physical exercise has a positive impact on hippocampal neuroplasticity. Being the aerobic activities of moderate to high intensity, light/moderate resistance activity and motor-spatial training, the exercises with the greatest cerebral impact.

Key words: Hippocampal Plasticity. Physical Exercise. Neuroplasticity. Hippocampus.

- 5 - PPG Neurologia da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil.

INTRODUÇÃO

O exercício físico é um exemplo de atividade física, porém de forma planejada, estruturada e repetitiva, com o objetivo central de melhorar ou manter a capacidade física de um indivíduo (Ministério da Saúde, 2021).

Segundo a literatura, o exercício físico tem a capacidade de influenciar o sistema nervoso central, de forma a trazer benefícios à saúde humana através do estímulo da neurogênese, sinaptogênese (mais expressivamente no giro dentado) e angiogênese cerebral (Rocha e colaboradores, 2016).

A formação hipocampal, por sua vez, é um sistema funcional do arquicórtex, necessário para a formação da memória explícita, ou seja, que envolve o pensamento consciente - como datas ou acontecimentos vividos no passado (Lombroso, 2004).

O hipocampo pode ser dividido com relação ao seu eixo rostro-caudal nas zonas: dorsal, intermediária e ventral.

A região dorsal está relacionada com o processamento cognitivo, enquanto a zona ventral é mais envolvida com o processamento emocional e a resposta ao estresse (Mansk, 2020).

Já o processo de formação da memória requer alterações morfológicas nas chamadas sinapses, de forma que novas sinapses devem ser formadas ou antigas devem ser fortalecidas - as informações que chegam ao nosso cérebro formam um circuito neural, ativando uma rede de neurônios que (quando reforçados) retêm a informação (Mourão Júnior, Faria, 2015).

Tais alterações podem ser estruturais ou funcionais: as estruturais compreendem a formação de novas espinhas dendríticas, permitindo que o neurônio receba mais aferências, ou então a formação de novos prolongamentos axonais, dessa forma emitindo mais sinais para outros neurônios aos quais se conecta; As funcionais, por sua vez, dizem respeito a formação de novos canais iônicos ou proteínas sinalizadoras, os quais otimizam a transmissão sináptica (Purves, 2018).

Dessa forma, o armazenamento de informações, e consequente formação de memórias, é possível devido a chamada neuroplasticidade: capacidade do cérebro de se modificar frente a estímulos do ambiente (Costa, Silva e Jacobsen, 2015). Ou seja, nosso cérebro é capaz de mudar a própria estrutura a cada atividade realizada,

aperfeiçoando seus circuitos e ficando mais apto aos diversos estímulos do ambiente (Di Filippo e colaboradores, 2008).

Desde o nascimento, o cérebro do recém-nascido está ávido por estímulos determinantes para a organização e formação de capacidades motoras e cognitivas - já na fase adulta, há um declínio na capacidade de conexões sinápticas, sendo comum a perda de sinapses devido a não utilização de informações armazenadas.

A aprendizagem, no entanto, ainda pode ocorrer até a chegada da terceira idade, visto que a plasticidade neural no hipocampo contribui com as funções de memória e aprendizado, frente a estímulos externos e contato com ambientes diferentes (Haase, Lacerda, 2004).

O hipocampo é tido como uma região do sistema nervoso central com elevada plasticidade, tanto estrutural como funcional, mediante principalmente a neurogênese adulta, sendo a área do giro dentado hipocampal responsável pelo nascimento contínuo de novos neurônios e regiões sinápticas (Lopes, Souza, Vasconcelos, 2019).

A neurogênese, por sua vez, pode ser influenciada de forma negativa por fatores como envelhecimento e estresse, e positivamente por estímulos como reforço cognitivo e exercício físico (Sant'ana, 2010).

Um estudo realizado em São Paulo, em 2011, observou os efeitos plásticos do exercício físico moderado de curta duração no hipocampo de ratos, através de análises de imuno-histoquímica, Western blotting e PCR em tempo real.

Como resultado, foram observadas alterações plásticas específicas em todas as regiões estudadas - com isso, os autores concluíram que o exercício moderado é suficiente para promover a plasticidade difusa no sistema nervoso (Ferreira, 2011).

Além disso, segundo revisão bibliográfica, o exercício físico voluntário gera um aumento do fator neurotrófico derivado do encéfalo (BDNF), aumento da expressão de genes envolvidos no tráfego sináptico (como os genes STY1 e STY11) e aumento das proteínas relacionadas à formação de vesículas sinápticas e exocitose (como SYN1 e SNAP25) - essas, associadas a plasticidade sináptica, excitabilidade celular e ativação de cascatas proteínicas-quinases ativadas por mitógenos (Castro, Gil-Mohapel e Brocardo, 2017).

Tendo em vista a importância da plasticidade neural na neurogênese, principalmente na vida adulta, bem como a influência que o ambiente no qual o organismo está inserido exerce nesse processo, este trabalho tem como objetivo determinar qual o efeito positivo do exercício físico na plasticidade hipocampal.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura sobre a alteração hipocampal induzida pelo EF.

Tanto o tema quanto a questão de pesquisa foram definidos na busca de conceitos teóricos previamente compreendidos que tivessem relevância no campo escolhido.

A questão norteadora, qual o efeito positivo do exercício físico na plasticidade hipocampal, foi elaborada para auxiliar no desenvolvimento deste estudo.

Dessa forma, foram reunidos artigos científicos publicados nas bases de dados da Biblioteca Virtual em Saúde e PUBMED do ano 2018 até março de 2023, data da realização da pesquisa.

Os descritores selecionados na plataforma DeCS (Descritores em Ciência da Saúde) foram: neuronal plasticity AND exercise, incluindo seus termos relacionados em português.

Os critérios de inclusão compreendiam artigos primários, disponíveis na sua íntegra, publicados do ano 2018 até março de 2023, nos idiomas português e inglês e abordavam a temática sobre a qual o efeito positivo do exercício físico na plasticidade hipocampal.

Delimitado como critério de exclusão os artigos que não respondiam à questão norteadora, duplicados, revisões narrativas de literatura (tradicional), sistemáticas e integrativas (Figura 1).

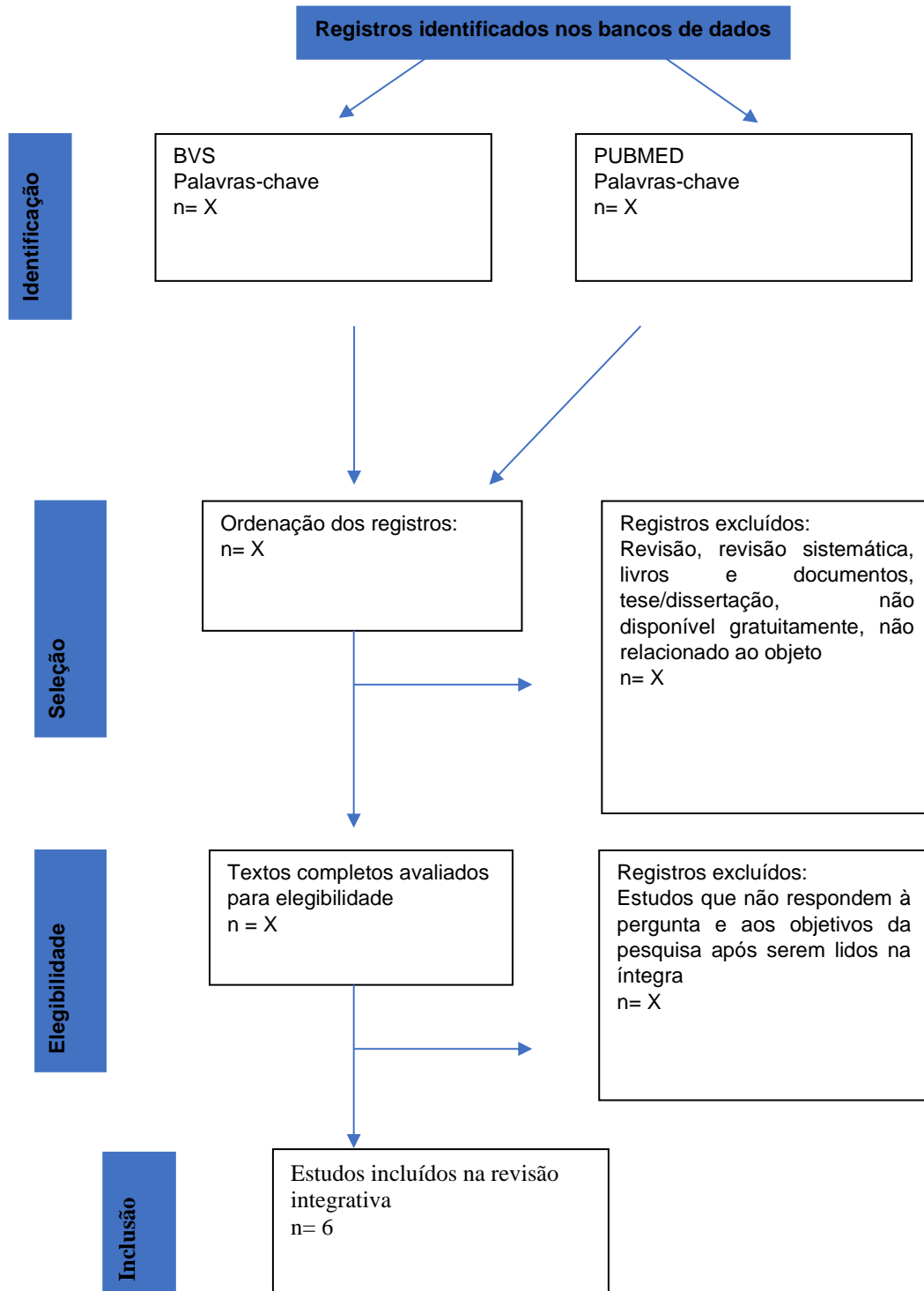


Figura 1 - Fluxograma de seleção dos estudos primários, de acordo com a recomendação PRISMA.

RESULTADOS

Em sequência apresentam-se os resultados dessa pesquisa, divididos em duas

tabelas, sendo a Quadro 1, de caracterização dos artigos, e a Quadro 2, de síntese dos principais pontos expostos em cada estudo.

Quadro 1 - Caracterização dos artigos, 2023 (n=06).

Nº	Título	Autoria	Base	Ano	País	Revista
1	Effect of acute physical exercise on motor sequence memory.	Bosch e colaboradores	BVS	2020	Suíça	Scientific Reports
2	Exercise, brain and plasticity, depression.	Zhao e colaboradores	BVS	2020	China	CNS Neuroscience & Therapeutics
3	Hippocampal plasticity underpins long-term cognitive gains from resistance exercise in MCI.	Broadhouse e colaboradores	PUBMED	2020	Austrália	Elsevier
4	Polygenic burden associated with oligodendrocyte precursor cells and radial glia influences the hippocampal volume changes induced by aerobic exercise in schizophrenia patients.	Papiol e colaboradores	PUBMED	2019	Alemanha	Translational Psychiatry
5	Hippocampal volume and vasculature before and after exercise in treatment-resistant schizophrenia.	Woodward e colaboradores	BVS	2018	Canadá	Elsevier
6	Physical Exercise and Spatial Training: A Longitudinal Study of Effects on Cognition, Growth Factors, and Hippocampal Plasticity.	Woost e colaboradores	PUBMED	2018	Alemanha	Scientific Reports

Quadro 2 - Síntese de conteúdo dos artigos, 2023 (n=06).

Nº	Objetivos	Conclusão
1	Estudar o impacto do exercício físico agudo no aprendizado de sequência motora e seus mecanismos neurofisiológicos em humanos.	O exercício físico promove o aprendizado de sequência, atestando o benefício abrangente do exercício físico para funções de memória relacionadas ao hipocampo.
2	Analisar artigos em busca de evidências sobre o efeito do exercício físico na prevenção e tratamento da depressão.	Estudos randomizados controlados demonstraram que o exercício aeróbico, de resistência e de mente e corpo podem melhorar os sintomas e níveis de depressão, através do remodelamento cerebral desses pacientes.
3	Investigar o impacto neuroestrutural e cognitivo a longo prazo do exercício físico resistido no comprometimento cognitivo leve.	Demonstrou-se que 6 meses de exercícios de resistência de alta intensidade são capazes de promover melhor cognição nos pacientes com comprometimento cognitivo leve, além de proteger contra a degeneração do hipocampo, que poderia levar à Doença de Alzheimer, por pelo menos 12 meses após a intervenção.
4	Investigar se os escores de risco poligênico de esquizofrenia específicos do tipo de células relacionadas à glia radial, células precursoras de oligodendrócitos ou oligodendrócitos maduros são associados a alterações de volume em CA1, CA2/3 e CA4/DG, em pacientes saudáveis com esquizofrenia após 3 meses de exercício aeróbico.	A carga poligênica associada às células precursoras de oligodendrócitos e glia radial influenciou significativamente as alterações de volume entre a linha de base e 3 meses no subcampo CA4/DG em pacientes com esquizofrenia realizando exercícios aeróbicos.
5	Avaliar o efeito do exercício na plasticidade do hipocampo e os resultados clínicos na esquizofrenia crônica.	O exercício adjuvante pode acelerar a melhora dos sintomas em pacientes com psicose resistente ao tratamento, indicando que pacientes com esquizofrenia crônica apresentam plasticidade do hipocampo em resposta ao exercício.
6	Investigar se a combinação sequencial de treinamento físico e espacial em adultos jovens e saudáveis provoca efeito aditivo nos ganhos de treinamento e transferência.	Não foram encontradas evidências de um efeito aditivo do treinamento físico e espacial sequencial.

A partir da literatura (Bosch e colaboradores, 2020; Broadhouse e colaboradores, 2020; Zhao e colaboradores, 2020; Papiol e colaboradores, 2019; Woodward e colaboradores, 2018), pode-se inferir uma relação direta e os potenciais benefícios dos

mais variados tipos de exercícios físicos e seu impacto no remodelamento e na plasticidade cerebral (Bosch e colaboradores, 2020).

Bosch e colaboradores (2020), constatou em seu estudo, que exercícios de sequência motora de alta intensidade seriam os

mais correlacionados com uma maior atividade locorregional de áreas específicas cerebrais, aumento de substratos neurotróficos, resultando em mudanças estruturais associadas, em especial, à área hipocampal (Bosch e colaboradores, 2020).

Em contrapartida, Woost e colaboradores (2018), não encontraram evidências significativas de um efeito aditivo do treinamento motor e espacial (cognitivo) sequencialmente, em adultos jovens e saudáveis (Woost e colaboradores, 2018).

Diversos estudos (Broadhouse e colaboradores, 2020; Zhao e colaboradores, 2020; Papiol e colaboradores, 2019; Woodward e colaboradores, 2018) apresentam o exercício físico como uma ótima ferramenta de prevenção e tratamento adjuvante para inúmeras condições patológicas.

Dentre essas, Broadhouse e colaboradores (2020) demonstraram uma melhora expressiva na cognição e na preservação dos subcampos hipocampais, em pacientes com declínio cognitivo leve.

Com uma proteção adicional ante a degeneração neuronal presente em patologias como a Doença de Alzheimer, por pelo menos 12 meses após o término do programa de exercícios físicos.

Além de retardar o declínio cognitivo nos pacientes avaliados (Woost e colaboradores, 2018; Broadhouse e colaboradores, 2020).

Os resultados referentes ao impacto de exercícios sobre a plasticidade neural na depressão demonstraram que a modalidade de exercícios mais efetivos foram os aeróbicos, os de resistência e os de mente-corpo, com alterações macro e microestruturais, resultando em uma melhora dos sintomas e níveis depressivos.

Mantendo principalmente a integridade do hipocampo e da substância branca (Zhao e colaboradores, 2020).

Em se tratando de esquizofrenia os estudos Zhao e colaboradores (2020), Papiol e colaboradores (2019) e Woodward e colaboradores (2018) apresentam o exercício como fator desencadeante de mudanças significativas na estrutura e na plasticidade cerebral (Papiol e colaboradores, 2019).

Nessa perspectiva, dentre as principais alterações, foram observados aumento do volume hipocampal e ventricular bilateral, espessamento do lobo frontal, lobo temporal e córtex cingulado no hemisfério esquerdo, com

integridade vascular preservada, em pacientes esquizofrênicos (Zhao e colaboradores, 2020; Woodward e colaboradores, 2018).

Além de mudanças em aspectos clínicos importantes, como a melhora na gravidade dos sintomas e no funcionamento social, mensurados através de escalas (Papiol e colaboradores, 2019).

Desse modo, os estudos (Broadhouse e colaboradores, 2020; Zhao e colaboradores, 2020; Papiol e colaboradores, 2019; corroboram que os exercícios aeróbicos são os mais correlatos às mudanças observadas e com mais resultados demonstrados na esquizofrenia, quando comparado a outras modalidades de exercícios físicos (Zhao e colaboradores, 2020; Papiol e colaboradores, 2019; Woodward e colaboradores, 2018).

Vale ressaltar ainda, que, apesar de alterações importantes encontradas em todos os pacientes com esquizofrenia avaliados após intervenção com exercícios, foi visto que uma maior carga genética da esquizofrenia, estaria associada a um aumento de volume hipocampal menos pronunciado ou mesmo a uma diminuição em subcampos hipocampais durante a intervenção com exercício. Apontando que somente os exercícios não exerceriam grande impacto nesses casos (Papiol e colaboradores, 2019).

Ademais, outro grande benefício do exercício físico no suporte terapêutico da esquizofrenia, relaciona-se a uma maior estabilidade e melhora acelerada em quadros de psicose em esquizofrenias resistentes a tratamento (Woodward e colaboradores, 2018).

Além disso, diminuem expressivamente a chance do desenvolvimento de episódios depressivos associados (Zhao e colaboradores, 2020; Woodward e colaboradores, 2018).

DISCUSSÃO

Diante das análises, é percebido o efeito do EF sobre a atividade do hipocampo.

Nesse sentido, estudos demonstram que dessemelhantes tipos de atividades aeróbicas e de força causam aumento da atividade hipocampal por meio da ativação e estimulação de diferentes proteínas e receptores da região, além da produção de fatores neurotróficos, o que aumenta o número de células e mantém o volume, perfusão e a neurogênese dessa (Fernandes e

colaboradores, 2020; Sujkowski e colaboradores, 2022).

Apesar disso, o benefício hipocampal pode ser dependente do tipo de desempenho realizado.

Nesse sentido, sessões de treinamento curtas e com exercícios agudos de intensidade alta a moderada, quando comparadas ao estado de repouso, aumentam a ativação hipocampal, tal qual outras áreas, como a estriatal e pré-cúneo bilateral, o que favorece efeitos motores, sensoriais, visuais e de memória (Bosch e colaboradores, 2020; Won e colaboradores, 2021).

No entanto, apesar de séries agudas causarem ativação de diferentes redes neuronais, incluindo o hipocampo, não se dispensa a influência de outros fatores, tal como o estilo de vida, os quais podem agir da mesma forma que o EF, sendo necessários estudos que analisem tais associações e possíveis interdependências (Won e colaboradores, 2021).

No entanto, apesar da possível influência de outros fatores sobre a atividade hipocampal, é indubitável o benefício do EF acerca de doenças crônicas por meio da estimulação do hipocampo. Estudos (Sujkowski e colaboradores, 2022; Mahalakshmi e colaboradores, 2020) demonstram que em pacientes com Doença de Parkinson ou Alzheimer, assim como naqueles com Huntington, Esclerose Lateral Amiotrófica ou Doença de Kennedy, o EF retarda a progressão da doença e melhorar aspectos de cognição e memória por meio de ações neuroprotetoras, como a sinalização hipocampal, respostas antioxidantes e anti-inflamatórias e autofagia.

Em adição, os efeitos do exercício sobre a área hipocampal provocam melhora sobre outras doenças neurológicas, como a depressão. Isso porque, quando há prejuízo de regiões cerebrais, como giro do cíngulo, hipocampo e lobo frontal, pode haver a manifestação de episódios depressivos, nesse cenário, a realização de exercício aeróbio ou de resistência/combinado de intensidade moderada desvia o desenvolvimento da depressão por meio da regulação da plasticidade hipocampal, manutenção do seu volume e consequente estabilidade do humor e regulação do estresse (Zhao e colaboradores, 2020).

Ademais, experimentos em animais demonstraram que o exercício aeróbio sustentado, melhora o desempenho funcional

diante de situações de ansiedade e depressão por meio da potencialização da neuroplasticidade hipocampal (Fernandes e colaboradores, 2020).

Ainda no espectro de doenças neurológicas, a redução do volume hipocampal vem sendo constantemente relatada na esquizofrenia, seja em episódio agudo ou crônico, pelo fator que essa alteração remete à gravidade psicopatológica e a déficits cognitivos em pacientes com mais de um episódio.

Nesse prisma, duas meta-análises forneceram evidências de que o exercício aeróbio, incluindo atividade de intensidade moderada, aumenta o volume do hipocampo.

Dessa forma, os resultados desses estudos demonstram que a neuroplasticidade hipocampal pode levar a melhora sintomática em pacientes diagnosticados com esquizofrenia (Papiol e colaboradores, 2019).

Além disso, os benefícios neurocognitivos desempenhados pelo exercício englobam os domínios da memória de trabalho, da cognição social e atenção/vigilância.

Nesse viés, com relação à memória de curto prazo, há um aumento volumétrico hipocampal mediado pelas práticas físicas, por meio de recordação imediata de uma tarefa. Os dados demonstram um aumento de 12% no volume em pacientes com esquizofrenia crônica após exercícios aeróbicos em 3 meses (Woodward e colaboradores, 2018).

Ainda nessa conjuntura, pacientes esquizofrênicos são comumente sedentários e estão incluídos em grupos com baixa performance física (Papiol e colaboradores, 2019).

Corroborando com esse contexto, o aumento do fluxo sanguíneo vascular cerebral, quando associado ao EF, é positivamente relacionado ao aumento da neurogênese no giro dentado da formação hipocampal.

Portanto, o desempenho aeróbio regular reduz a gravidade dos sintomas e melhora a cognição na psicose e na esquizofrenia (Woodward e colaboradores, 2018).

O exercício físico resistido é apontado, por Broadhouse e colaboradores (2020), como participante positivo para as funções do SNC, devido à ação protetora em áreas sub-campais e hipocampais sensíveis à doença Alzheimer (DA), por até 12 meses após a prática física.

Destarte, o treinamento resistido pode, ainda, favorecer a cognição em pacientes com Déficit Cognitivo Leve (DCL) e o treinamento resistivo progressiva (PRT) é considerado um excelente meio para adquirir cognição prolongada (Broadhouse e colaboradores, 2020).

Nesse ínterim, Livingston e colaboradores (2020) chama atenção para o aumento da demência, principalmente na população idosa que vem se destacando na pirâmide etária nas últimas décadas; e corrobora com Broadhouse e colaboradores (2020) ao pontuar o sedentarismo como fator de risco e o EF como protetor contra demência.

A prevenção DCL pode ser devido a redução da obesidade, dos níveis glicêmicos e o favorecimento da neurogênese hipocampal.

Ainda, o EF pode aumentar os níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL), as quais reduzem os processos inflamatórios presentes na doença amilóide no DCL (Livingston e colaboradores, 2020).

Além disso, PRT isolado pode atenuar atrofia no giro denteado e na área hipocampal CA1 esquerda, com relação ao treinamento físico simulado (SHAM) + cognitivo simulado (SHAM); e o PRT + Treinamento cognitivo funcional (CCT) e PRT+SHAM; a lentificação do processo de atrofia hipocampal foi mais acentuada nas combinações com PRT.

Ademais, o hipocampo é beneficiado por treinamentos resistivos de qualquer modalidade na comparação com a inatividade física; e a conexão entre cingulado posterior (PC) e o hipocampo esquerdo aumenta com o PRT+CCT e PRT+SHAM, em relação aos não resistivos CCT+SHAM e SHAM+SHAM, após 18 meses (Broadhouse e colaboradores, 2020).

Revelando a importância do treino resistivo para benefícios neoplásicos e adjuvante na recuperação de pacientes com doenças neurodegenerativas por auxiliar a postura, equilíbrio e controle do movimento em pacientes com Doença de Parkinson (Lima e colaboradores, 2020).

Com relação a comparação entre exercício físico e treinamento espacial e os efeitos na cognição, fatores de crescimento e plasticidade do hipocampo, Woost e colaboradores (2018) por meio de uma amostra de 60 mulheres e 39 homens com idade entre 20 e 34 anos revelou que a Mudança na Capacidade Física de Trabalho (PWC) pode ser induzida pelo exercício de ciclismo, para análise inseriu quatro condições testáveis:

exercício de ciclismo (ERGO), exercício de ciclismo e treinamento de labirinto (COMBO), treinamento de labirinto (MAZE) e controles passivos (CTR). Os grupos ERGO e COMBO apresentaram aumento da PWC induzida por exercício de ciclismo de alta intensidade, com adaptação ao peso.

Dessa maneira, a PWC no estudo de Woost e colaboradores (2018) foi avaliada, por meio da resistência do pedal em watts (W) em frequência cardíaca médias ajustada em 120, 150 e 170; as respostas só foram significativas em PWC150 e PWC170, revelando a importância da alta intensidade para produção de mudança hipocampal.

Na comparação do desempenho cognitivo entre os quatro grupos estudados, tanto o ciclismo quanto o treinamento de labirinto apresentaram resultados parecidos e não houve diferença quando realizados subsequentes, porém Bosch e colaboradores (2020) afirmam o contrário ao pontuar que a prática de exercícios físicos motores sequências induzem mais alterações cerebrais favoráveis a plasticidade hipocampal (Bosch e colaboradores, 2020; Woost e colaboradores 2018).

Dessa forma, o EF é capaz de gerar alterações positivas no SNC para proteção contra DA e recuperação da cognição no DCL independente da associação ou não entre as várias modalidades, sendo indicado como adjuvante na prevenção e na recuperação de inúmeras patologias sistêmicas.

CONCLUSÃO

Sendo assim, os artigos selecionados confluem o resultado de que o EF tem impacto positivo na neuroplasticidade hipocampal (NH).

Dessa forma, contribuições com funções de memória, aprendizado, diminuição dos episódios depressivos, menor degeneração hipocampal na esquizofrenia e melhora da capacidade cognitiva foram relatados pelos diferentes estudos.

Ainda, é concluído que não só os exercícios físicos, mas, também fatores ambientais, afetam positiva ou negativamente a NH, não podendo o exercício físico ser isoladamente relacionado com as alterações dessa estrutura.

Quanto aos tipos de EF relacionados com resultados positivos estão atividade aeróbica de moderada a alta intensidade,

atividade resistida leve/moderada e treinamento motor-espacial.

Em todos os estudos o EF, independentemente do tipo, está relacionado a mais benefícios se comparado com a inatividade física. Além dos benefícios relacionados à melhora nos padrões de doenças neuropsiquiátricas e/ou crônicas já instaladas, bem como o retardo na progressão delas.

Todos os indivíduos praticantes de exercício físico têm efeitos motores, sensoriais, visuais, de aprendizado e de memória favorecidos, a partir da ativação do hipocampo, além de outras zonas neuronais.

Portanto, essa revisão demonstra a importância da realização do EF para aperfeiçoar ou proteger atividades cerebrais mediadas pelo hipocampo, em conjunto com outras áreas.

Assim, o estudo aborda informação relevante para os profissionais da saúde, por apresentar um modo de melhorar o prognóstico de várias doenças crônicas ou a funcionalidade individual mesmo que sem doença de base.

Apesar da relação comprovada do EF induzindo NH, esse não é o único responsável pelo estímulo positivo, sendo fatores ambientais também relacionados à melhora ou piora da mesma.

Por isso, os próximos estudos envolvendo NH podem relacionar, além dos EF, outros fatores que influenciam positivamente na mesma, de modo a enriquecer ainda mais a literatura disponível para os profissionais da saúde, traduzindo-se em melhor abordagem para com os pacientes.

REFERÊNCIAS

- 1-Bosch, B.M.; Bringard, A.; Logrieco, M.G.; Lauer, E.; Imobersteg, N.; Thomas, A.; Ferretti, G.; Schwartz, S.; Igloi, K. Effect of acute physical exercise on motor sequence memory. *Scientific Reports*. Vol. 10. Num. 1. 2020. p. 15322. DOI: 10.1038/s41598-020-72108-1.
- 2-Broadhouse, K.M.; Singh, M.F.; Suo, C.; Gates, N.; Wen, W.; Brodaty, H.; Jain, N.; Wilson, G.C.; Meiklejohn, J.; Singh, N.; Baune, B.T.; Baker, M.; Foroughi, N.; Wang, Y.; Kochan, N.; Ashton, K.; Brown, M.; Li, Z.; Mavros, Y.; Valenzuela, M.J. Hippocampal plasticity underpins long-term cognitive gains from resistance exercise in MCI. *NeuroImage: Clinical*. Vol. 25. 2020. p. 102182. DOI: 10.1016/j.nicl.2020.102182.
- 3-Costa, A.R.; Silva, P.L.O.; Jacóbsen, R.T. Plasticidade cerebral: conceito(s), contribuições ao avanço científico e estudos brasileiros na área de Letras. *Entrepalavras*. Vol. 9. Num. 3. 2015. p. 457. DOI: 10.22168/2237-6321-31445
- 4-Castro, C.N.; Gil-Mohapel, J.; Brocardo, P. Exercício físico e neuroplasticidade hipocampal: Revisão de literatura. *Vittalle - Revista de Ciências da Saúde*. Vol. 29. Num. 2. 2017.
- 5-Di Filippo, M.; Tozzi, A.; Costa, C.; Belcastro, V.; Tantucci, M.; Picconi, B.; Calabresi, P. Plasticity and repair in the post-ischemic brain. *Neuropharmacology*. Vol. 55. Num. 3. 2008. p. 353-362. DOI: 10.1016/j.neuropharm.2008.01.012.
- 6-Fernandes, M.S.; Ordônio, T.F.; Santos, G.C.J.; Santos, L.E.R.; Calazans, C.T.; Gomes, D.A.; Santos, T.M. Effects of Physical Exercise on Neuroplasticity and Brain Function: A Systematic Review in Human and Animal Studies. Hess G, editor. *Neural Plasticity*. 2020. p. 1-21. DOI: 10.1155/2020/8856621
- 7-Ferreira, A.F. Neuroplasticidade induzida pelo exercício: efeitos sobre o hipocampo e regiões motoras do encéfalo de ratos. Tese de doutorado. Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.
- 8-Haase, V.; Lacerda, S. Neuroplasticidade, variação interindividual e recuperação funcional em neuropsicologia. *Temas em Psicologia da SBP*. Vol. 12. 2004. p. 28-42.
- 9-Lima, A.C.; Pereira, A.W.; Viegas, I.F.; Queiroz, E.M.; Sousa, A.P.; Uchoa, M.C.; Lopes, A.B.A. Efeitos do treino resistido na reabilitação do equilíbrio em pacientes com doença de parkinson: revisão de literatura. *Brazilian Journal of Health Review*. Vol. 3. Num. 5. 2020. p. 15507-21. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv3n5-326>
- 10-Livingston, G.; Huntley, J.; Sommerlad, A.; Ames, D.; Ballard, C.; Banerjee, S.; Brayne, C.; Burns, A.; Cohen-Mansfield, J.; Cooper, C.; Costafreda, S.G.; Dias, A.; Fox, N.; Gitlin, L.N.; Howard, R.; Kales, H.C.; Kivimaki, M.; Larson,

E.B.; Oggunniyi, A.; Orgeta, V.; Ritchie, K.; Rockwood, K.; Sampson, E.L.; Samus, Q.; Schneider, L.S.; Selbaek, G.; Teri, L.; Mukadam, N. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*. Vol. 396. Num. 10248. 2020. p. 413-46. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30367-6

11-Lombroso, P. Aprendizado e memória. *Brazilian Journal of Psychiatry*. Vol. 26. Num. 3. 2004. p. 207-10. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-44462004000300011&lng=en&nrm=iso
<https://doi.org/10.1590/S1516-44462004000300011>

12-Lopes, D.; Souza, S.; Vasconcelos, C.L. Plasticidade hipocampal: uma revisão da literatura. *Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade*. 2019. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO_EV133_MD4_SA44_ID1117_26092019171428.pdf. Acesso em: 24/07/2023.

13-Mahalakshmi, B.; Maurya, N.; Lee, S.D.; Kumar, V.B. Possible Neuroprotective Mechanisms of Physical Exercise in Neurodegeneration. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 21. Num. 16. 2020. p. 5895. DOI: 10.3390/ijms21165895

14-Mansk, L.M.Z. Formação de múltiplas memórias hipocampo-dependentes: o aprendizado como interferência. *Dissertação de mestrado*. Instituto de ciências biológicas departamento de fisiologia e biofísica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2020.

15-Ministério da Saúde. Guia de atividade física para a população brasileira. Brasília. 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_atividade_fisica_populacao_brasileira.pdf. Acesso em: 02/08/2023.

16-Mourão Júnior, C.A.; Faria, N.C. Memória. *Psicologia: Reflexão e Crítica*. Vol. 28. Num. 4. 2015. p. 780-8. DOI: 10.1590/1678-7153.201528416

17-Papiol, S.; Keeser, D.; Hasan, A.; Schneider-Axmann, T.; Raabe, F.; Degenhardt, F.; Rossner, M.J.; Bickboller, H.; Cantuti-Castelvetri, L.; Simons, M.; Wobrock, T.; Schmitt, A.; Malchow, B.; Falkai, P. Polygenic burden associated to oligodendrocyte precursor cells and radial glia influences the hippocampal volume changes induced by aerobic exercise in schizophrenia patients. *Translational Psychiatry*. Vol. 9. Num. 1. 2019. DOI: 10.1038/s41398-019-0618-z

18-Purves, D. *Neuroscience*. 6ª ed. New York: Oxford University Press. 2018.

19-Rocha, A.K.; Lima, E.; Rocha, K.A.; Silva Júnior, E.D. Plasticidade do Sistema Nervoso Central Influenciada pelo Exercício Físico: Importância Clínica. *Brasília Médica*. Vol. 51. Num. 34. 2016. p. 237-44. DOI: 10.14242/2236-5117.2016v51n34a286p237

20-Sant'ana, D.M. Plasticidade neural: as bases neurobiológicas do aprendizado. I Colóquio Nacional Cérebro e Mente. Paraná. 2010. Disponível em: http://www.cascavel.pr.gov.br/arquivos/27062014_plasticidade_neural_-_capitulo_de_livro.pdf. Acesso em: 13/03/2023.

21-Sujkowski, A.; Hong, L.; Wessells, R.J.; Todi, S.V. The protective role of exercise against age-related neurodegeneration. *Ageing Research Reviews*. Vol. 74. 2022. p. 101543. DOI: 10.1016/j.arr.2021.101543

22-Won, J.; Callow, D.D.; Pena, G.S.; Gogniat, M.A.; Kommula, Y.; Arnold-Nedimala, N.A.; Jordan, L.S.; Smith, J.C. Evidence for exercise-related plasticity in functional and structural neural network connectivity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. Vol. 131. 2021. p. 923-40. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2021.10.013.

23-Woodward, M.L.; Gicas, K.M.; Warburton, D.E.; White, R.F.; Rauscher, A.; Leonova, O.; Su, W.; Smith, G.N.; Thorton, A.E.; Vertinsky, A.T.; Phillips, A.A.; Goghari, V.M.; Honer, W.G.; Lang, D.J. Hippocampal volume and vasculature before and after exercise in treatment-resistant schizophrenia. *Schizophrenia Research*. Vol. 2022. 2018. p. 158-65. DOI: 10.1016/j.schres.2018.06.054

24-Woost, L.; Bazin, P.L.; Taubert, M.; Trampel, R.; Tardif, C.L.; Garthe, A.; Kempermann, G.;

Renner, U.; Stalla, G.; Ott, D.V.M.; Rjosk, V.; Obrig, H.; Villringer, A.; Roggenhofer, E.; Klein, T.A. Physical Exercise and Spatial Training: A Longitudinal Study of Effects on Cognition, Growth Factors, and Hippocampal Plasticity. *Scientific Reports*. Vol. 8. Num. 1. 2018. p. 4239. DOI: 10.1038/s41598-018-19993-9

25-Zhao, J.; Jiang, W.; Wang, X.; Cai, Z.; Liu, Z.; Liu, G. Exercise, brain plasticity, and depression. *CNS Neuroscience & Therapeutics*. Vol. 26. Num. 9. 2020. p. 885-95. DOI: 10.1111/cns.13385

E-mail dos autores:

flalsrossii@gmail.com

nicolly.morais21@hotmail.com

luna.sheilamt@gmail.com

anajuliazanghelini@hotmail.com

anaflaviabarni@gmail.com.

barbarasedrez@me.com.

kamilly.ieda@discente.ufma.br

guilhermevaldemarca5@gmail.com

lucianamendes541@gmail.com

Autora correspondente:

Luciana Mendes Oliveira.

lucianamendes541@gmail.com

Av. Rui Braga, s/nº.

Vila Mauricéia, Campus Universitário, Montes Claros-MG, Brasil.

Recebido para publicação em 02/08/2023

Aceito em 24/09/2023