



ARTIGO DE REVISÃO

Efeitos do exercício físico no sistema nervoso do indivíduo idoso e suas consequências funcionais



Aline Alvim Scianni^{a,b}, Giselle Silva e Faria^b, Jederson Soares da Silva^b, Poliana do Amaral Benfica^b e Christina Danielli Coelho de Moraes Faria^{a,b,*}

^a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Fisioterapia, Belo Horizonte, MG, Brasil

^b Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (PPGCR), Belo Horizonte, MG, Brasil

Recebido em 23 de dezembro de 2016; aceito em 15 de março de 2018

Disponível na Internet em 20 de junho de 2018

PALAVRAS-CHAVE

Envelhecimento;
Atividade física;
Sistema nervoso;
Exercício físico

KEYWORDS

Aging;
Physical activity;
Nervous system;
Physical exercise

Resumo O objetivo deste estudo foi revisar a literatura sobre os efeitos do exercício físico nas estruturas e funções do sistema nervoso (SN) de idosos e reportar os exercícios e parâmetros frequentemente usados. Após ampla e sistemática busca em bases de dados eletrônicas, foram incluídos 22 ensaios clínicos aleatorizados e não aleatorizados que avaliaram os efeitos do exercício físico em variáveis neuroanatomofisiológicas de idosos. A maioria (77,3%) investigou os efeitos no SN central e usou exercício aeróbico. O exercício físico apresentou benefícios nas estruturas e funções do SN de idosos, inclusive as funções cognitivas, e nas estruturas e funções musculares e cardiovasculares, na mobilidade e no equilíbrio. Ainda não há um consenso sobre quais parâmetros de treinamento são mais adequados.

© 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Effects of physical exercises on the nervous system of elders and its functional consequences

Abstract The objective of this study was to review the literature on the effects of physical exercise on the structures and functions of the nervous system (NS) of elderly people and to report frequently used exercises and its parameters. After extensive and systematic search in electronic databases, it was included 22 randomized and non-randomized clinical trials that evaluated the effects of physical exercise on neuroanatomophysiological variables of the elderly. The majority (77.3%) investigated the effects on central NS and used aerobic exercise.

* Autor para correspondência.

E-mail: cdcmf@ufmg.br (C.D. Faria).

PALABRAS CLAVE

Envelhecimento;
 Actividad física;
 Sistema nervioso;
 Ejercicio físico

Physical exercise showed benefits in the structures and functions of the NS of elderly subjects, including cognitive functions, and in muscular and cardiovascular structures and functions, mobility and balance. There is still no consensus on which training parameters are most appropriate.

© 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efectos de la actividad física en el sistema nervioso de personas de edad avanzada y consecuencias funcionales

Resumen El objetivo de este artículo fue analizar la bibliografía sobre los efectos del ejercicio físico en las estructuras y funciones del sistema nervioso (SN) de las personas de edad avanzada e informar sobre los ejercicios y parámetros usados con frecuencia. Después de una extensa y sistemática búsqueda en bases de datos electrónicas, se incluyeron 22 ensayos clínicos de manera aleatoria y no aleatoria que evaluaban los efectos del ejercicio sobre las variables neuroanatomofisiológicas de personas de edad avanzada. La mayoría (77,3%) analizaba los efectos sobre el SN central y utilizaba el ejercicio aeróbico. El ejercicio mostraba beneficios en estructuras y funciones del SN de edad avanzada, incluyendo las funciones cognitivas, en estructuras y funciones musculares y cardiovasculares, y en la movilidad y el equilibrio. Todavía no existe un consenso sobre los parámetros de entrenamiento más adecuados.

© 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

O conhecimento dos processos anatomofisiológicos que ocorrem no sistema nervoso (SN) com o envelhecimento tem se tornado de extrema importância, pois permite que ações de promoção, prevenção e recuperação da saúde e funcionalidade sejam propostas considerando esse sistema. Sabe-se que o declínio estrutural do sistema nervoso central (SNC) tem seu início a partir da terceira década de vida. De forma geral, com o passar da idade, o cérebro tende a apresentar uma maior atrofia nas regiões do hipocampo, córtex frontal, parietal e temporal (Murman, 2015; Sugiura, 2016), regiões tradicionalmente relacionadas com funções de memória, motricidade, planejamento motor e associação de informações (Murman, 2015; Sugiura, 2016). Essa atrofia está associada a perdas teciduais e a mudanças na mielinização das fibras nervosas, resulta na redução no volume de substância branca (Murman, 2015). Logo, o processo de envelhecimento neural implicaria, entre outros fatores, um provável declínio na velocidade de processamento de informações e de memória (Sugiura, 2016).

Uma maneira que tem sido cada vez mais frequentemente apontada de se retardar o envelhecimento do SN e combater possíveis condições demenciais e neurodegenerativas relacionadas à idade seria o engajamento do indivíduo na prática regular de exercícios físicos (Coelho et al., 2013). Exercício físico é um subgrupo de atividade física que

envolve planejamento e sistematização com o objetivo de manter ou melhorar a aptidão física (Strath, 2013). A prática de exercícios físicos tem demonstrado auxiliar no tratamento das doenças crônico-degenerativas (Coelho et al., 2013; Foster, Rosenblatt & Kuljiš, 2011), além de ter um efeito neuroprotetor e preventivo no desenvolvimento de doenças neurodegenerativas (Coelho et al., 2013) é associada à melhoria das funções cognitivas (Colcombe e Kramer, 2003) e executivas (Voss et al., 2010). Além disso, já foi claramente estabelecido que os exercícios físicos são uma forma eficaz de se prevenir o declínio da capacidade funcional de idosos (Raichlen & Alexander, 2017). Os efeitos positivos da prática de exercícios físicos na funcionalidade de idosos incluem maior independência em atividades de autocuidado, melhoria da autoestima, melhor qualidade de vida, maior expectativa de vida, redução do risco de quedas e da mortalidade (Galloza et al., 2017).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo principal apresentar uma síntese da literatura com relação à eficácia da prática do exercício físico nas estruturas e funções do SN de indivíduos idosos. Os objetivos secundários foram reportar quais seriam os exercícios físicos e seus parâmetros mais frequentemente usados capazes de induzir as modificações no SN desses indivíduos e em outros desfechos funcionais, caso essas variáveis tenham sido avaliadas concomitantemente às relacionadas à estrutura e à função do SN.

Método

Revisão de literatura feita a partir de buscas nas seguintes bases de dados eletrônicas: Medline (*Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*), Cinahl (*Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature*) e PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*). Os termos da estratégia de busca foram: *physical exercise, physical activity, exercise training, neurology, neuroplasticity, neuroscience, nervous system, aging, elderly, older*. Além disso, foi feita busca manual ativa nas listas de referências dos artigos selecionados pela busca eletrônica.

Os critérios de inclusão foram: (1) amostra de indivíduos saudáveis com média de 60 anos ou mais; (2) ter investigado o efeito do exercício físico em variáveis neuroanatômofisiológicas; (4) ensaios clínicos controlados aleatorizados e não aleatorizados; (5) ter sido publicado até novembro de 2015 em qualquer idioma. Foram excluídos os estudos com animais.

Após a busca nas bases de dados, os estudos foram selecionados inicialmente por título, seguido pela análise do resumo. Os estudos que atenderam aos critérios de inclusão foram selecionados para a análise do texto na íntegra e tiveram suas listas de referências examinadas pela busca manual ativa. Todos os estudos incluídos foram avaliados quanto à qualidade metodológica pela escala PEDro para ensaios clínicos controlados aleatorizados e Trend (*Transparent Reporting of Evaluations with Nonrandomized Designs*) para ensaios clínicos controlados não aleatorizados. Em seguida, foi feita a extração de dados referentes à população estudada, ao tipo de exercício físico feito e aos parâmetros usados, além dos desfechos de estrutura e função do SN e outros desfechos funcionais, quando presentes, para análise e discussão dos resultados dos estudos incluídos.

Resultados

As buscas nas bases de dados eletrônicas retornaram de 3.395 estudos. Desses, 22 foram selecionados para ser incluídos nesta revisão (fig. 1). Dos estudos incluídos, 17 (77,3%) foram ensaios clínicos controlados aleatorizados e cinco (22,7%) ensaios clínicos controlados não aleatorizados. A média da pontuação obtida pelos ensaios clínicos aleatorizados na escala PEDro foi de 5 em 9 pontos, enquanto a média obtida pelos ensaios clínicos não aleatorizados na escala Trend foi de 14,4 em 22 pontos (tabela 1). O total de participantes idosos dos estudos incluídos foi de 1.467 com média de 68,6±4,7 anos. Em dois estudos foi relatada apenas a amplitude da idade de seus participantes (Ainslie et al., 2008; Kramer et al., 1999) (tabela 2).

Como pode ser observado na tabela 2, a maioria dos estudos (77,3%) usou como exercício o do tipo aeróbico, dois (9,1%) exercícios resistidos (Kanengusuku et al., 2015; Liu-Ambrose et al., 2012) e três (13,6%) a combinação desses dois (Cadore et al., 2013; Park et al., 2015; Taylor-Piliae et al., 2010). A duração e frequência dos exercícios variou de 15 a 40 minutos por dia, de uma a sete vezes por semana. Já as intensidades em que os exercícios foram feitos foram estabelecidas de diferentes formas e variaram de

12-14 na escala de Borg (Burdette et al., 2010), 30% a 75% do volume de oxigênio máximo (VO_{2max}) (Chapman et al., 2013; Kamijo, 2009), 40% a 75% da frequência cardíaca de reserva (FC_{res}) (Voss et al., 2010; Colcombe et al., 2006; Colcombe et al., 2004; Erickson et al., 2011; Leckie et al., 2014; Voss et al., 2013), 40% a 75% da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) (Park et al., 2015), 95% da frequência cardíaca total (FC_{tot}) (Cadore et al., 2013) e 25 a 100% da carga máxima de trabalho (W_{max}) (Fisher et al., 2013) (tabela 2).

Dos 22 estudos incluídos, a maioria (77,3%) avaliou os efeitos do exercício físico apenas no SNC do indivíduo idoso, dois (9,1%) avaliaram os efeitos do exercício físico apenas no sistema nervoso periférico (SNP) (Cadore et al., 2013; Park et al., 2015), dois (9,1%) avaliaram as consequências do exercício físico apenas no sistema nervoso autônomo (SNA) (Motivala et al., 2006; Kanengusuku et al., 2015) e um (4,5%) avaliou consequências do exercício físico nos SNC e no SNP (Taylor-Piliae et al., 2010) de indivíduos idosos (tabela 2). Na maioria dos estudos (59,1%) foi analisada a eficácia das intervenções em outras variáveis funcionais, como a função cognitiva (inclusive memória recente, memória espacial, capacidade de atenção e flexibilidade cognitiva), o equilíbrio e padrões de marcha (tabela 2).

A prática regular de exercício físico foi eficaz para a melhoria de diferentes desfechos relacionados às estruturas e funções do SN de indivíduos idosos, especificamente: aumento do volume cerebral em diferentes regiões corticais (Colcombe et al., 2006; Burdette et al., 2010; Erickson et al., 2011), aumento da síntese de neurotrofinas (Anderson-Hanley et al., 2012; Erickson et al., 2011; Leckie et al., 2014), alteração da vascularização cerebral, bem como da velocidade de perfusão cerebral e de ativação de áreas cerebrais, além do incremento da ativação muscular periférica (Motivala et al., 2006; Kanengusuku et al., 2015), redução da atividade simpática cardíaca e melhoria na modulação da frequência cardíaca pelo nervo vago em indivíduos idosos (Motivala et al., 2006). Concomitantemente à melhoria desses desfechos relacionados às estruturas e funções do SN de indivíduos idosos, nos estudos que avaliaram outros desfechos funcionais (59,1%) também foram observadas melhorias, especificamente: função cognitiva, função muscular (Kanengusuku et al., 2015; Cadore et al., 2013; Park et al., 2015), equilíbrio (Taylor-Piliae et al., 2010) e marcha (Park et al., 2015).

Discussão

De uma forma geral, o exercício físico foi eficaz para melhorar as estruturas e funções do SN de idosos, com evidências positivas para desfechos relacionados às estruturas e funções do SNC, SNP e SNA. O exercício aeróbico foi o mais usado, com ampla faixa de variação de frequência e intensidade entre os estudos. A maioria dos estudos também apresentou avaliação de outros desfechos funcionais e, de uma forma geral, o exercício também foi eficaz para a melhoria de estruturas e funções do sistema muscular e cardiovascular, da mobilidade, do equilíbrio e do padrão de marcha.

Tabela 1 Análise da qualidade dos estudos incluídos de acordo com a escala PEDro (n = 17 estudos) ou Trend (n = 5 estudos)

Critérios da escala PEDro																							
Estudo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	Total(0 a 10)											
Voss et al., 2010	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	N	5											
Colcombe et al., 2006	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	N	5											
Kramer et al., 1999	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S	N	2											
Anderson-Hanley et al., 2012	S	S	N	S	S	S	S	N	S	S	N	7											
Burdette et al., 2010	S	S	N	S	S	N	N	S	N	S	N	6											
Chapman et al., 2013	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	N	5											
Colcombe et al., 2004	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	N	5											
Erickson et al., 2011	S	S	S	S	S	N	N	N	N	S	N	6											
Leckie et al., 2014	S	S	N	S	N	N	N	N	N	S	N	4											
Motivala et al., 2006	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	N	5											
Voss et al., 2013	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	N	5											
Smiley-Oyen et al., 2008	S	S	S	S	S	N	N	N	S	S	N	7											
Kanengusuku et al., 2015	S	S	N	S	N	N	N	N	N	S	N	4											
Liu-Ambrose et al., 2012	S	S	S	S	S	N	S	N	N	S	N	7											
Cadore et al., 2013	S	S	N	S	N	N	S	S	N	S	N	5											
Park et al., 2015	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	N	5											
Taylor-Piliae et al., 2010	S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	N	6											
Critérios da escala Trend																							
Estudo	T1		T2			T3					T4			T5					Total(0 a 22)				
	T1.1	T2.1	T3.1	T3.2	T3.3	T3.4	T3.5	T3.6	T3.7	T3.8	T3.9	T4.1	T4.2	T4.3	T4.4	T4.5	T4.6	T4.7		T4.8	T5.1	T5.2	T5.3
Ainslie et al., 2008	S	S	S	S	S	S	N	S	N	S	S	N	N	N	N	S	S	N	N	S	N	S	13
Fisher et al., 2013	S	S	N	S	S	S	N	S	N	S	S	N	N	S	N	S	S	N	N	S	S	S	14
Hyodo et al., 2012	S	S	N	S	S	S	N	N	N	S	S	N	N	S	S	S	S	N	N	S	S	S	14
Kamijo et al., 2009	S	S	S	S	S	S	N	S	N	S	S	N	N	S	S	S	S	N	N	S	S	S	16
Thomas et al., 2013	S	S	S	S	S	S	N	S	N	S	S	N	N	S	S	S	S	N	N	S	N	S	15

P1 = Critérios de elegibilidade; P2 = Alocação aleatória; P3 = Alocação cegada; P4 = Similaridade entre os grupos na *baseline*; P5 = Participantes cegados; P6 = Terapeutas cegados; P7 = Avaliadores cegados; P8 = Perdas < 15%; P9 = Análise por intenção de tratar; P10 = Diferença entre os grupos reportada; P11 = Variabilidade reportada e "estimativa de ponto"; T1 = Título e resumo; T1.1 = Informação sobre alocação, população-alvo e resumo estruturado; T2 = Introdução; T2.1 = Histórico científico e justificativa teórica; T3 = Métodos; T3.1 = Critérios de elegibilidade, locais e método de recrutamento, local de coleta; T3.2 = Intervenção detalhada; T3.3 = Objetivo específico e hipótese, T3.4 = Desfecho primários e secundários, validade dos instrumentos usados; T3.5 = Determinação do tamanho de amostra; T3.6 = Forma de divisão dos grupos; T3.7 = Avaliadores, terapeutas e participantes cegados; T3.8 = Descrição da unidade analisada, se difere da avaliada e ajuste do erro padrão; T3.9 = Análise estatística e *software* usados, número de perdas; T4 = Resultados; T4.1 = Fluxograma de participantes e alterações de protocolo; T4.2 = Período de recrutamento e coleta; T4.3 = Dados da avaliação de base; T4.4 = Equivalência entre os grupos na avaliação de base; T4.5 = Número de participantes, principais diferenças encontradas e análise por intenção de tratar; T4.6 = Desfechos primários e possíveis resultados nulos; T4.7 = Análises secundárias; T4.8 = Eventos adversos; T5 = Discussão; T5.1 = Interpretação dos resultados; T5.2 = Generalização (Validade Externa); T5.3 = Evidência geral; S = Sim; N = Não.

Tabela 2 Características dos estudos que investigaram os efeitos do exercício físico no sistema nervoso do indivíduo idoso

Estudo	Desenho	Participantes	Intervenção	Variáveis de interesse	Resultados
Voss et al., 2010	ECA	n = 65 (idosos); 32 (jovens) Idade (anos), média = 66,3 (DP = 5,5); 23,9 (DP = 4,4)	Exp: caminhada; 10-45 min x 3/sem x 12 meses; 50-75%FCres Con: alongamento + tônus; 12 meses; 13-15 Escala de Borg	Memória verbal de curto prazo: <i>Forward and Backward Span</i> Memória executiva: <i>Spatial Working Memory Task</i> Controle de processos executivos: uma medida do <i>Task-Switching</i> e do <i>Wisconsin Card Sort Task</i> Condicionamento cardiorrespiratório: VO2max Ativação e conectividade cerebral: RMf	Exp: Aumento da conectividade das redes de ativação-padrão e de função executiva entre os córtices frontal, posterior e temporal após um ano. O aumento da função cognitiva foi associado com maior melhoria na função executiva. Con: também apresentou melhoria na conectividade nas redes de ativação-padrão após seis meses e de função executiva após um ano.
Colcombe et al., 2006	ECA	n = 59 idosos; 20 jovens Idade (anos), média = 66,7 (DP = NI); NI (DP = NI)	Exp: aeróbico; 60 min x 3/sem x 6 meses; 40-70%FC _{res} Con: alongamento e tônus; 60 min x 3/sem x 6 meses	Condicionamento cardiorrespiratório: VO2pico em teste em esteira Volume cerebral: RM	Exp: aumento do volume cerebral em regiões frontal, pré-frontal, corpo caloso e temporal.
Ainslie et al., 2008	ECNA	n = 307 Idade (anos), amplitude = 18 – 79	Exp: praticantes de atividade física (amplitude: 2 – 31 anos) Con: sedentários	Velocidade de fluxo sanguíneo na artéria cerebral média: Ultrassom Doppler PA, FC: ECG Pressão parcial de CO2: analisador de gases Cognição (controle executivo): <i>Task Switching, Response Compatibility, Stopping</i>	Ambos os grupos: declínio na velocidade do fluxo sanguíneo na artéria cerebral média típico do envelhecimento. Exp: a velocidade manteve-se maior em homens praticantes de atividade física em todas as idades. Exp: Melhoria da performance nas atividades que requerem maior controle executivo (maior velocidade no <i>task switching</i> , menor efeito do fator de distração e menor tempo de reação à parada).
Kramer et al., 1999	ECA	n = 124 Idade (anos), amplitude = 60-75	Exp: caminhada; SID; por 6 meses Con: alongamento + tônus; por 6 meses	Função executiva: <i>Color Trails 2-1, Stroop C, Digit Span Backwards.</i> BDNF: ELISA	Exp: Melhoria da performance nas atividades que requerem maior controle executivo (maior velocidade no <i>task switching</i> , menor efeito do fator de distração e menor tempo de reação à parada).
Anderson-Hanley et al., 2012	ECA	n = 63 Idade (anos), média = 78,7 (DP = 8,1)	Exp: bicicleta com realidade virtual; 40 min x 5/sem; SID Con: bicicleta estacionária regular; 40 min x 5/sem; SID	Função executiva: <i>Color Trails 2-1, Stroop C, Digit Span Backwards.</i> BDNF: ELISA	Exp: aumento nos níveis de BDNF e melhoria da função executiva.

Tabela 2 (Continuação)

Estudo	Desenho	Participantes	Intervenção	Variáveis de interesse	Resultados
Burdette et al., 2010	ECA	n = 11 Idade (anos), média = 75,8 (DP = 3,8)	Exp: caminhada; 40 min x 4/sem x 4 meses; 12-14 Escala de Borg Con: alongamento + educação sobre cuidados com a saúde	Ativação cerebral: RMf Fluxo sanguíneo cerebral: QUIPSS II	Exp: área de hipocampo maior que no grupo controle, com maior perfusão cerebral e maior conectividade em regiões de hipocampo e giro do cíngulo anterior.
Chapman et al., 2013	ECA	n = 37 Idade (anos), média = 64,0 (DP = 3,9)	Exp: aeróbico (caminhada e bicicleta); 60 min x 3/sem x 12sem; 50-75%VO2máx Con: sedentário (lista de espera)	Função executiva: TB-TA Memória: CVLT-II; WMS-IV Atenção: DKEFS-color word; Backward Digit Span Atividade cerebral: RM Ativação cerebral: RMf Comportamento: comparação entre os tempos de reação a estímulos errados e corretos no Flanking Arrows Test Condicionamento cardiorrespiratório: VO2pico em teste em esteira	Exp: melhoria da memória e aumento do fluxo sanguíneo no córtex anterior do cíngulo e do hipocampo por até três meses após a intervenção.
Colcombe et al., 2004	ECA	n = 29 Idade (anos), média = 65,6 (DP = 5,7)	Exp: aeróbico; 10-45 min x 3/sem x 6 meses; 40-70%FCres Con: alongamento e tónus; 3/sem x 6 meses	Ativação cerebral: RMf Comportamento: comparação entre os tempos de reação a estímulos errados e corretos no Flanking Arrows Test Condicionamento cardiorrespiratório: VO2pico em teste em esteira	Exp: aumento da atividade cortical pré-frontal e parietal durante a realização de atividades tarefa-específica; maior controle em tarefas que necessitem diferenciação espacial e função inibitória.
Erickson et al., 2011	ECA	n = 120 Idade (anos) = 66,5 (DP = 5,6)	Exp: aeróbico (caminhada); 40 min x 7 sem; 50-70% FC _{res} Con: alongamento; 40 min x 7 sem	Condicionamento Cardiorrespiratório: VO2máx BDNF: análises de sangue Memória espacial: em um programa de computador, os participantes deveriam recordar onde determinados pontos surgiram pela primeira vez na tela após esses terem desaparecido Volume cerebral: RM	Exp: aumento do tamanho do hipocampo demonstrou ter associação com os aumentos de BDNF e melhoria da memória. Núcleo caudado e tálamo, não houve alteração. Con: apresentou redução de tamanho do hipocampo reduziu de tamanho. Núcleo caudado e tálamo, não houve alteração.

Tabela 2 (Continuação)

Estudo	Desenho	Participantes	Intervenção	Variáveis de interesse	Resultados
Fisher et al., 2013	ECNA	n = 9 idosos; 11 jovens Idade (anos), média = 66,0 (DP = 2,0); 22,0 (DP = 1,0)	Exp: cicloergômetro; Fraco (25%Wmax); Moderado (50%Wmax); Intenso (75% Wmax); Exaustivo (100% Wmax) Con: pré e pós de jovens e idosos nas quatro condições	Concentrações de glicose, lactato, O ₂ , PACO ₂ e velocidade de perfusão cerebral: amostras de sangue arterial e venoso (jugular).	Aumento na PACO ₂ em jovens e idosos. Menor velocidade de perfusão tecidual observada em idosos em todas as condições, porém oxigenação cerebral, utilização de lactato e glicose são iguais nos dois grupos.
Hyodo et al., 2012	ECNA	n = 16 Idade (anos), média = 69,3 (DP = 3,5)	Exp: cicloergômetro; 10min; intensidade moderada Con: avaliações pré e pós atividade	Ativação cerebral: RMf Atenção e função inibitória: <i>Stroop Task Test</i>	Exercício físico agudo melhorou atenção e função inibitória através de ativação compensatória (ativação bilateral de córtex pré-frontal e frontopolar).
Kamijo et al., 2009	ECNA	n = 24 Idade (anos), média = 65,5 (DP = 1,5); 21,8(DP = 0,6)	Exp: aeróbico leve (30%VO ₂ máx) e moderado (50%VO ₂ máx); 20 min. Con: próprios indivíduos e grupo de jovens	Atividade elétrica cerebral: EEG Cognição (velocidade de processamento): <i>Modified Flanker Test</i>	Após o exercício moderado o tempo de reação foi menor em todos os grupos com menor tempo para identificação e classificação do estímulo. Após o exercício leve também houve menor tempo para identificação do estímulo.
Leckie et al., 2014	ECA	n = 92 Idade (anos), média = 66,8 (DP = 5,6)	Exp: aeróbico (caminhada); 5-40 min x 7 semanas; 50-70% FCres Con: alongamento e tônus; 7 semanas	BDNF sérico: amostras de sangue Genótipo do BDNF: análise de esfregaço interno da bochecha Processo executivo, flexibilidade e inibição cognitiva: <i>Task-Switch Paradigm</i>	Exp: Aumentos nos níveis de BDNF por até um ano após a intervenção; aumentos nos níveis de BDNF foram relacionados com uma melhor flexibilidade cognitiva (melhor performance nas trocas de tarefa), principalmente em idosos mais velhos (acima de 71 anos).
Motivala et al., 2006	ECA	n = 32 Idade (anos), média = 68,5 (DP = 7)	Exp: TCChih; 20 min x 1/sem x 37 semanas Con: não-praticantes de TCChih (descanso e educação sobre saúde)	Modulação do sistema cardiovascular pelo SNS: variação da PA e da FC, PEP e ECG	Exp: Redução da atividade do SNS após a prática de TCChih enquanto PA e FC não alteraram.

Tabela 2 (Continuação)

Estudo	Desenho	Participantes	Intervenção	Variáveis de interesse	Resultados
Voss et al., 2013	ECA	n = 65 Idade (anos), média = 66,4 (DP5,5)	<u>Exp:</u> aeróbico (caminhada); 40 min x 3/sem x 12 meses; 50-75% FCmáx <u>Con:</u> alonga- mento + tônus + equilíbrio; 40 min x 3/sem x 12 meses	Aumento de área cerebral: RM Aumento de atividade cerebral: RMf <u>BDNF, IGF-1, VEGF séricos:</u> amostras de sangue	<u>Exp:</u> Maior conectividade entre lobo temporal e hipocampo e giro temporal medial bilateralmente associado com aumento nos níveis de neutrofinas; maiores índices de VEGF basais foram associados com maiores aumentos nessas mesmas conexões.
Thomas et al., 2013	ECNA	n = 20 idosos; 9 jovens Idade (anos), média = 75,0 (DP = 5,7); 27,0 (DP = 3,6)	<u>Exp:</u> idosos atletas; correm ou nadam 35-68Km/sem; 15- 31 anos <u>Con:</u> G1: idosos sedentários; G2: jovens sedentários	Fluxo sanguíneo cerebral e reação vascular cerebral ao CO2: RM <u>Condicionamento</u> <u>cardiorrespiratório:</u> VO2máx	<u>Exp:</u> Melhor condicionamento cardiorrespiratório, maior preservação de fluxo sanguíneo em região de córtex do cíngulo posterior. A menor reatividade vascular ao CO2 em toda a vascularização cerebral, típica do processo de envelhecimento, manteve-se mesmo em no grupo Exp.
Smiley-Oyen et al., 2008	ECA	n = 57 Idade (anos), média = 70,2 (DP = 4,53)	<u>Exp:</u> aeróbico; SID; SPD; 10 meses <u>Con:</u> alongamento + tônus	<u>Cognição:</u> tempo de reação, <i>Stroop</i> <i>Word-Color Conflict</i> , <i>Wisconsin Card Sort Test</i> <u>Condicionamento</u> <u>cardiorrespiratório:</u> VO2 píco	<u>Exp:</u> Melhoria da performance em tarefas de velocidade de raciocínio que necessitam um maior controle executivo. Tarefas que necessitam um menor controle executivo não se alteraram. Houve melhoria no condicionamento, porém não relacionada aos ganhos neurocognitivos.
Kanengusuku et al., 2015	ECA	n = 25 Idade (anos), média = 63,5 (DP = 4,0)	<u>Exp:</u> fort; 7 exercícios, 4-10 repetições cada, 1- 3 séries x 2/sem x 16 semanas <u>Con:</u> sedentário	Modulação do sistema cardiovascular pelo SNA: variação da PA e ECG <u>Área de secção transversa</u> <u>do quadríceps:</u> RM	<u>Exp:</u> Exercício aumentou massa muscular de quadríceps, mas não alterou regulação neural autonômica.
Liu-Ambrose et al., 2012	ECA	n = 52 Idade (anos) = 69,3 (DP = 3,0)	<u>Exp:</u> G1: fort, 1/sem; G2: fort, 2/sem Fort: 6-8 rep/ 2 séries/ carga máx/ 12 meses <u>Con:</u> equilíbrio e tônus	Ativação cerebral: RMf <u>Comportamento:</u> comparação entre os tempos de reação a estímulos errados e corretos no <i>Flanking</i> <i>Arrows Test</i> ; Seleção de atenção e conflito de resposta	G1 e G2 apresentaram melhoria hemodinâmica em região anterior do giro temporal médio E, insula anterior E, lateral do córtex “orbital frontal”. Melhoria na performance da tarefa. G2: melhoria comportamental em relação ao controle com menor interferência de estímulos errados.

Tabela 2 (Continuação)

Estudo	Desenho	Participantes	Intervenção	Variáveis de interesse	Resultados
Cadore et al., 2013	ECA	n = 26 Idade (anos), média = 64,8 (DP = 4,3)	<u>Exp:</u> G1: fort.-end.; G2: end.-fort. Fort.: 40 min x 3/semSID; End.:30 min x 3/sem; 95%FCtot <u>Con:</u> Manutenção da rotina	<u>Força máxima dinâmica e pico de força isométrica de bíceps femoral cabeça longa, vasto lateral e reto femoral: EMG</u>	<u>Exp:</u> maior atividade neural em vasto lateral e reto femoral em ambos os grupos (G1 e G2), além de maior economia, maior no G1.
Park et al., 2015	ECA	n = 22 Idade (anos), média = 74,2 (DP = NI)	<u>Exp:</u> combinado (aeróbico e fortalecimento); 50 min x 3/sem x 12 semanas Aeróbico: caminhada; 15 min; 40-60%FCmax Fort.: faixa elástica; 15 min; 8-12 repetições <u>Con:</u> NI	<u>Ativação muscular de reto femoral, bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio: EMG</u>	<u>Exp:</u> Aumento da ativação muscular de reto femoral, bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio após a prática de exercício físico.
Taylor-Piliae et al., 2010	ECA	n = 132 Idade (anos), média = 69,0 (DP = 5,8)	<u>Exp:</u> G1: TCC; 45 min x 7/sem x 12 meses; SID G2: aeróbico + fort + flexibilidade; 60 min x 7/sem x 12 meses; SID <u>Con:</u> educação sobre cuidados com a saúde	<u>Equilíbrio:</u> teste do alcance e apoio unipodal <u>Força e resistência muscular:</u> teste de sentar e levantar da cadeira e cruzar e esticar os braços Condicionamento cardiorrespiratório: PA, Borg <u>Flexibilidade:</u> teste das mãos nas costas e <i>Sit and Reach Flexibility Test</i> <u>Função cognitiva:</u> identificação de animais em 60s (fluência semântica), <i>Forward and Backward Digit-Span Test</i> (atenção, concentração e busca mental)	G1: melhor função cognitiva e equilíbrio que os demais grupos, e manutenção dos resultados durante os 12 meses. G2: maior flexibilidade que demais grupos.

BDNF = *brain derived neurotrophic factor*; Con = Controle; CVLT-II = *California Verbal Learning Test- Second Edition*; DKEFS-color word = *Delis-Kaplan Executive Function System-color word inference sub-test*; DP = Desvio-padrão; ECA = Ensaio Clínico Aleatorizado; ECG = eletrocardiograma; ECNA = Ensaio Controlado não Aleatorizado; EEG = Eletroencefalograma; EMG = eletroneuromiografia; end = *endurance*; Exp = Experimental; FC = frequência cardíaca; FCres = frequência cardíaca de reserva; FCtot = frequência cardíaca total; fort = fortalecimento; G1 = grupo 1; G2 = grupo 2; IMC = índice de massa corpórea; NI = não informado; PA = pressão arterial; PACO₂ = pressão arterial de dióxido de carbono; PEP = período pré-ejeção; QUIPSS II = *Quantitative imaging of perfusion using a single subtraction, second version*; RM = ressonância magnética; RMf = ressonância magnética funcional; SID = sem intensidade definida; SNA = sistema nervoso autônomo; SNS = sistema nervoso simpático; SPD = sem parâmetro definido; TB-TA = *trails B-trails A*; TCC = *Thai Chi Chuan*; TCChih = *Thai Chi Chih*; VeT = Limiar ventilatório; VO₂max = volume de oxigênio máximo; VO₂pico = volume de oxigênio pico; WE = *Western Exercise*; WK = *Wai Tan Kung*; Wmax = carga de trabalho máxima; WMS-IV = *Wechsler Memory Scale - Fourth Edition*.

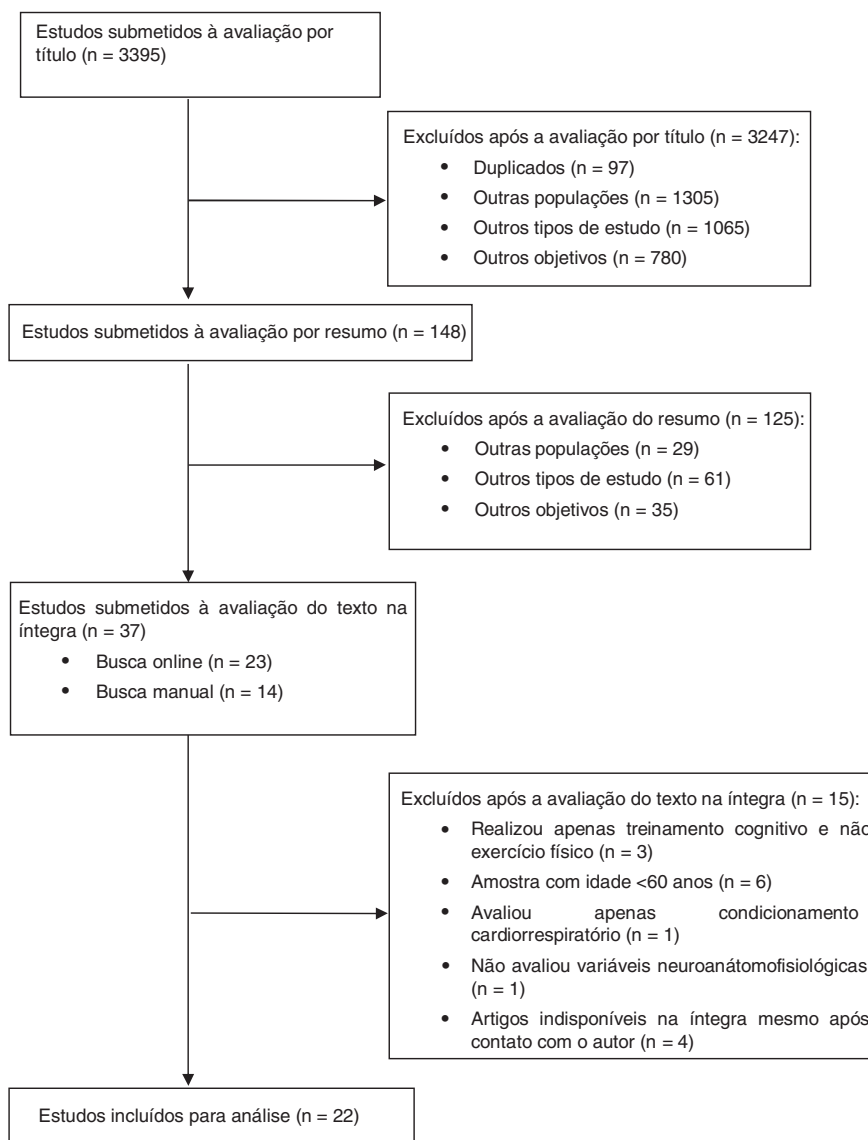


Figura 1 Fluxograma da identificação e seleção dos estudos, bem como os estudos excluídos.

Efeitos da prática do exercício físico no SNC do indivíduo idoso e em sua funcionalidade

Dos estudos selecionados para a análise final, 17 (77,3%) avaliaram as consequências da prática do exercício físico apenas no SNC de idosos. Desses, 11 (64,7%) apresentaram resultados em outros desfechos funcionais. Em síntese, os resultados destes estudos demonstraram que a prática de exercício físico tanto de forma crônica como aguda apresenta efeitos neuroprotetores e neurogênicos no SNC de indivíduos idosos. Em termos funcionais, os resultados apontaram para uma melhoria principalmente em regiões e redes neurais associada com melhores desempenhos cognitivos, como aumento da memória, maior flexibilidade cognitiva e menor tempo de identificação e reação a estímulos.

Colcombe et al. (2006) observaram que a prática de exercício aeróbico por indivíduos idosos uma hora por dia, três vezes na semana, durante seis meses, proporcionou um aumento do volume cerebral, mensurado por meio da

técnica de análise morfométrica *voxel-based morphology analyses*, em especial nas áreas frontal, temporal, córtex pré-frontal e corpo caloso, quando comparados com o volume cerebral de idosos sedentários. Os mapas que representam a mudança percentual do volume de substância branca e cinzenta foram comparados entre os grupos para cada voxel. Esses autores ressaltam que as regiões corticais e de substância branca que apresentaram maiores preservações com o exercício aeróbico desempenham papéis importantes nas atividades diárias. Por exemplo, o córtex pré-frontal está associado com processos cognitivos críticos e o lobo temporal, com funções de memória em longo prazo (Colcombe et al., 2006). No entanto, não foram avaliadas variáveis que pudessem refletir alguma outra possível alteração na funcionalidade desses indivíduos. Por outro lado, em um estudo prévio também feito por Colcombe et al. (2004), foi observado um aumento da atividade cortical em região pré-frontal e parietal em praticantes de exercício aeróbico regular durante atividade que exigia identificação

e reação de estímulos corretos e incorretos, indicou um maior controle cognitivo em tarefas que necessitam de diferenciação e função inibitória.

Resultados similares foram apresentados por [Kamijo et al. \(2009\)](#) e [Smiley-Oyen et al. \(2008\)](#), que observaram uma melhoria nas atividades que requerem maior velocidade de processamento da informação com menor tempo de identificação, classificação e reação aos estímulos dados ([Kamijo et al., 2009](#); [Smiley-Oyen et al., 2008](#)) em praticantes de exercício aeróbio leve ([Kamijo et al., 2009](#)) e moderado a intenso ([Smiley-Oyen et al., 2008](#); [Kamijo et al., 2009](#)). [Kramer et al. \(1999\)](#) também observaram um maior controle executivo das funções cognitivas em praticantes de caminhada, com maior flexibilidade cognitiva e menor resposta a fatores de distração.

[Kamijo et al. \(2009\)](#) usaram o método ERPs (*event-related potentials*) para avaliar as mudanças eletrofisiológicas nos cérebros dos indivíduos. Segundo esses autores, esse método fornece informações sobre processos cognitivos distintos entre a estimativa do estímulo e a execução da resposta que são influenciados seletivamente pelo exercício agudo. Em contraste, [Smiley-Oyen et al. \(2008\)](#) usaram testes clínicos neurocognitivos para investigar os efeitos cognitivos após o exercício aeróbio. Esses autores sugerem que a perda de tecido cerebral e o declínio da função neurocognitiva correspondente não são uniformes através das regiões cerebrais. Dessa forma, sugere-se que o exercício aeróbio resultaria em benefícios seletivos. Por exemplo, tarefas com componentes de controle executivo dependentes do lobo frontal exibem declíneos relacionados ao envelhecimento. Dessa forma, após o exercício aeróbio, espera-se melhoria no desempenho de tarefas que envolvam informações retidas na memória de trabalho, execução de tarefas múltiplas simultâneas, mudanças de tarefas etc. Por outro lado, tarefas que não requerem um controle executivo importante, como tarefas simples de tempo de reação, seriam menos afetadas pelo exercício aeróbio.

No estudo de [Erickson et al. \(2011\)](#) foi avaliado o impacto da prática de 40 minutos de caminhada no solo no tamanho de áreas como hipocampo, núcleo caudado e tálamo de indivíduos acima de 65 anos idade, mensurado por meio de imagens de ressonância magnética 3D. Foi observado que apenas a região do hipocampo dos indivíduos do grupo intervenção aumentou seu tamanho, enquanto para as demais regiões, tanto do grupo controle (que fez apenas alongamento) quanto do grupo intervenção, não houve alteração estrutural. Além disso, também se observou a melhoria da memória espacial do grupo intervenção durante um teste feito no computador, que exigia que os participantes se recordassem onde os pontos da tela se localizavam após esses terem desaparecido. Ressalta-se ainda que a região de hipocampo dos participantes do grupo controle reduziu de tamanho ([Erickson et al., 2011](#)). Esses achados são relevantes, uma vez que o córtex pré-frontal tem sido associado com funções cognitivas que vão desde o controle inibitório até medidas de inteligência de forma geral ([Samson & Barnes, 2013](#)). Já o lobo temporal tem sido associado à função de memória executiva de longo prazo ([Colcombe et al., 2006](#)). Dessa maneira, as reduções das regiões mencionadas são associadas a uma grande variedade de síndromes clínicas

como esquizofrenia e mal de Alzheimer, respectivamente ([Colcombe et al., 2006](#)). Com relação à área do hipocampo, já foi reportado na literatura que maiores regiões de hipocampo podem resultar em uma melhor memória em idosos ([Erickson et al., 2011](#); [Raz et al., 2005](#); [Jack et al., 2010](#)).

Segundo [Erickson et al. \(2011\)](#)¹⁹, o aumento da área do hipocampo apresentou associação com os aumentos na concentração sérica do fator neurotrófico *Brain Derived Neurotrophin Factor* (BDNF) observados no grupo intervenção, o que favoreceu ainda mais a melhoria na memória espacial desses indivíduos, corroborou resultados de estudos prévios ([Raz et al., 2005](#); [Jack et al., 2010](#)). [Leckie et al. \(2014\)](#) também observaram que após a prática de caminhada moderada, seguindo parâmetros similares aos adotados por [Erickson et al. \(2011\)](#), durante um período de sete semanas, ocorreu um aumento nos níveis séricos de BDNF por até um ano após a intervenção. Nos idosos mais velhos, acima de 71 anos, o aumento do BDNF induzido pelo exercício permitiu uma melhor execução de tarefas cognitivas, pois controlou a performance em atividades que necessitavam a habilidade de mudar a atenção de uma tarefa para outra, exigia uma maior flexibilidade cognitiva ([Leckie et al., 2014](#)). Resultados similares foram encontrados por [Anderson-Hanley et al. \(2012\)](#). Indivíduos que fizeram exercício aeróbico em bicicleta estacionária por 45 minutos, cinco vezes por semana, apresentaram maiores níveis séricos de BDNF associados à melhoria da função cognitiva. Todavia, nesse caso especificamente, não é possível concluir que os resultados apresentados sejam unicamente devido ao treinamento aeróbico, uma vez que o grupo intervenção e o grupo controle fizeram a mesma atividade (exercício aeróbico em bicicleta estacionária). A diferença entre eles foi que o grupo intervenção teve como incremento na intervenção o *feedback* visual da realidade virtual, o que pode ter funcionado como um estímulo cognitivo associado ao treino aeróbico ([Anderson-Hanley et al., 2012](#)).

Assim como no estudo de [Erickson et al. \(2011\)](#), no estudo de [Voss et al. \(2013\)](#) também foram avaliados os efeitos da caminhada no solo por 40 minutos e foi observado que tanto o grupo intervenção quanto o grupo controle (alongamento e exercícios para tônus) tiveram aumentos nos níveis séricos de BDNF, *Vascular Endothelial Growth Factor* (VEGF) e *Insulin-like Growth Factor type-1* (IGF-1), sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos. No entanto, as alterações encontradas no grupo intervenção foram associadas a uma maior conectividade entre lobos temporais bilateralmente, hipocampus e giros temporais médios também bilaterais, indicaram uma melhor coesão das redes de ativação padrão (*Default Mode Network – DMN*) ([Voss et al., 2013](#)), conhecidas por serem as redes entre regiões do cérebro ativadas independentemente de alguma tarefa ([Miller et al., 2008](#); [Habeck et al., 2012](#)), ou seja, as “redes basais de funcionamento”. Uma atrofia dessas redes tem sido associada à progressão do mal de Alzheimer ([Li et al., 2011](#); [Whitwell et al., 2007](#)). [Voss et al. \(2010\)](#) também observaram uma maior conectividade nas redes de ativação-padrão e de função executiva entre os córtices frontal, posterior e temporal após um ano de prática de caminhada regular por parte dos idosos. Além disso, também foi observada uma

maior e melhor função das memórias de curto prazo e executiva, além de um melhor controle de processos executivos. Uma maior conectividade neural também foi observada por [Hyodo et al. \(2012\)](#), porém de forma aguda, logo após a prática de 10 minutos de exercício em cicloergômetro com intensidade moderada e apenas em regiões pré-frontal e área 10 de Brodman bilateralmente como uma forma de ativação compensatória, o que resultou na melhoria de performance em atividades que exigiam maior concentração e atenção ([Hyodo et al., 2012](#)). Cabe ressaltar que, de todos os estudos incluídos na presente análise, esse foi o único que usou parâmetros similares aos preconizados pela Organização Mundial de Saúde para a prática de atividade física em indivíduos acima de 65 anos ([Organização Mundial de Saúde, 2010](#)).

Considerando os efeitos na vascularização cerebral, [Chapman et al. \(2013\)](#) observaram que após 12 semanas de treino de marcha em esteira houve aumento no fluxo sanguíneo basal no córtex anterior do cíngulo e no hipocampo e que esses ganhos permaneceram após três meses da interrupção da intervenção. Esses resultados foram associados a uma melhoria na memória de aprendizado verbal de curto e longo prazo dos indivíduos do grupo intervenção ([Chapman et al., 2013](#)). Nesse contexto, o aumento da conectividade no hipocampo, associado a um aumento no fluxo sanguíneo na região, poderia ser uma hipótese para justificar o aumento do hipocampo observado por [Erickson et al. \(2011\)](#).

As alterações vasculares no SNC resultantes da prática de exercício aeróbico também foram objeto de estudo de [Ainslie et al. \(2008\)](#), [Thomas et al. \(2013\)](#), [Liu-Ambrose et al. \(2012\)](#), [Fisher et al. \(2013\)](#) e [Burdette et al. \(2010\)](#). [Ainslie et al. \(2008\)](#) observaram que o declínio na velocidade do fluxo sanguíneo na artéria cerebral média, reportado como típico do processo de envelhecimento, é mais lento em indivíduos praticantes de qualquer exercício físico regular por um período maior do que dois anos. Tal fato, por sua vez, favoreceria uma melhor irrigação em áreas específicas do cérebro por mais tempo e concorda com os resultados obtidos por [Thomas et al. \(2013\)](#) e [Liu-Ambrose et al. \(2012\)](#).

[Liu-Ambrose et al. \(2012\)](#) observaram que após a prática de exercícios resistidos, duas vezes por semana, durante 12 meses, também ocorreu um maior aporte hemodinâmico cerebral, porém em região de giro temporal médio esquerdo e ínsula esquerda anteriormente até a periferia lateral do córtex frontal. Nesse caso, como tais regiões seriam tidas como responsáveis pelo processamento de respostas inibitórias, os resultados encontrados possivelmente explicariam a melhoria na performance observada no estudo, em uma atividade que necessita maior atenção para diferenciação entre estímulos corretos e incorretos ([Liu-Ambrose et al., 2012](#)). Os autores argumentaram que a melhoria na execução da tarefa foi percebida, pois os indivíduos do grupo intervenção apresentaram menor tempo de reação a estímulos negativos, ou seja, após a prática de atividade física de maneira constante eles seriam capazes de executar uma determinada tarefa com menor interferência de estímulos errados como fatores distratores, por exemplo ([Liu-Ambrose et al., 2012](#)).

Já no estudo de [Fisher et al. \(2013\)](#) a perfusão sanguínea no cérebro de indivíduos idosos após praticarem atividades com cicloergômetro em diversas intensidades foi comparada

à de indivíduos jovens. Foi observado que a perfusão sanguínea cerebral de idosos foi menor do que a de jovens, independentemente da intensidade da atividade praticada, mas que o uso de lactato e glicose pelo cérebro do indivíduo idoso aumenta após a prática de exercícios aeróbicos e torna-se similar à dos jovens. [Burdette et al. \(2010\)](#) observaram que após a prática de 40 minutos de caminhada, quatro vezes por semana, durante quatro meses, houve não só uma maior perfusão cerebral como também um aumento na área do hipocampo e maior conectividade em regiões de hipocampo e cíngulo anterior. Porém, não se pode inferir os efeitos desses incrementos na funcionalidade dos participantes, uma vez que não foram reportados resultados funcionais além dos relacionados à estrutura e função do SN.

Efeitos da prática de exercício físico no SNP do indivíduo idoso e na sua funcionalidade

Dos estudos selecionados para a análise final, três (13,6%) avaliaram as consequências da prática de atividade física no SNP de idosos ([Cadore et al., 2013](#); [Park et al., 2015](#); [Taylor-Piliae et al., 2010](#)). Desses, apenas um (33,3%) avaliou os efeitos do exercício físico no SNP e em outras variáveis funcionais ([Taylor-Piliae et al., 2010](#)), enquanto os outros dois (66,7%) avaliaram apenas os efeitos no SNP ([Cadore et al., 2013](#); [Park et al., 2015](#)). Em síntese, os resultados desses estudos demonstraram que a prática de exercício físico em idosos apresenta efeitos benéficos no SNP (melhoria na ativação das unidades motora) e na funcionalidade (melhoria da flexibilidade, do equilíbrio, da força muscular e dos padrões de marcha).

[Taylor-Piliae et al. \(2010\)](#) compararam os efeitos da prática de thai chi chuan (TCC) versus exercício físico combinado versus grupo controle, em variáveis como equilíbrio, força e resistência muscular, condicionamento cardiorrespiratório, flexibilidade e função cognitiva pela avaliação da fluência semântica (identificação do máximo de animais em 60 segundos), atenção, concentração e recordação (*forward and backward digit-span test*). Os resultados reportados indicaram que idosos praticantes de TCC tendem a apresentar melhor função cognitiva e equilíbrio, enquanto praticantes de exercício combinado tendem a apresentar maior flexibilidade. Para as demais variáveis, houve ganhos em ambos os grupos, porém sem diferença estatisticamente significativa entre eles.

[Park et al. \(2015\)](#) usaram a avaliação eletroencefalográfica para observar possíveis alterações na atividade neuromuscular de membros inferiores (MMII) após a prática de exercício combinado: aeróbico e fortalecimento durante 50 minutos, três vezes na semana por 12 semanas. Foi observado que após o período de treinamento as ativações musculares de reto femoral, tibial anterior, gastrocnêmio e bíceps femoral direito aumentaram, enquanto a ativação de bíceps femoral esquerdo diminuiu. Considerando as alterações opostas observadas em bíceps femoral direito e esquerdo, os autores concluem que o treinamento combinado para essa população pode favorecer uma menor discrepância de força e uso entre MMII durante a marcha, com consequente melhoria de padrões de marcha alterados,

o que resultaria em uma melhor reorganização cortical do padrão de deambulação apresentado pelo idoso. No entanto, há de se ter cautela ao se interpretar a afirmativa proposta pelos autores referentes à reorganização cortical, uma vez que tal variável não foi objeto de estudo no trabalho em questão.

Em contrapartida, o objetivo do estudo de [Cadore et al. \(2013\)](#) foi avaliar os efeitos de diferentes ordens de exercícios nas adaptações neuromusculares de indivíduos idosos. Para isso, os autores dividiram a amostra em dois grupos de intervenção, um dos grupos foi responsável por fazer o treinamento de fortalecimento seguido por treino aeróbico e o outro fez o treinamento inverso (treino aeróbico seguido por fortalecimento). Como controle os pesquisadores avaliaram quatro indivíduos de cada grupo um mês antes do treinamento, na semana pré-intervenção e na semana pós-intervenção. Foi observado que, apesar de ambos os grupos terem aumentado a espessura muscular e a economia de ativação em vasto lateral de maneira semelhante, apenas o grupo que fez o fortalecimento seguido por treinamento aeróbico apresentou maior ganho de força global em região de MMII e maior economia neuromuscular em reto femoral com aumento estatisticamente significativo no teste de uma repetição com carga máxima (1RM) feito por extensores de joelho. De acordo com os autores, essa economia neuromuscular induzida pelo treinamento de força seguido pelo treinamento aeróbico seria uma adaptação do SNP ao exercício que teve como desfecho funcional um maior incremento de força na parte inferior do corpo. As implicações clínicas desses achados são de extrema importância, uma vez que a literatura reporta que a redução de força em indivíduos idosos tem sido associada a desfechos clínicos negativos como instalação da síndrome de fragilidade e óbito ([Batista et al., 2012](#); [Viana et al., 2013](#); [Espinoza, Jung & Hazuda, 2012](#)).

Efeitos da prática de exercício físico no SNA do indivíduo idoso e na sua funcionalidade

Dos estudos selecionados para a análise final, dois (9,1%) avaliaram as consequências da prática do exercício físico no SNA de idosos ([Motivala et al., 2006](#); [Kanengusuku et al., 2015](#)), por meio de cardiografia de impedância e eletrocardiografia. Contudo, em nenhum foram avaliados outros desfechos funcionais. Em síntese, os resultados desses estudos demonstraram que a prática de exercício físico apresenta efeitos benéficos no SNA dos idosos, atua como fator protetor para as disfunções cardiovasculares comumente observadas nessa população (maior controle de variáveis cardiovasculares como pressão arterial e frequência cardíaca).

Assim como o processo de envelhecimento acarreta alterações no SNC e SNP humano, o SNA também sofre mudanças com o passar do tempo, percebidas pelo aumento progressivo da atividade do sistema nervoso simpático (SNS) ([Seals e Esler, 2000](#); [Seals e Dinunno, 2004](#); [Fagius e Wallin, 1993](#)). Esse aumento implicaria o desenvolvimento de diversas condições cardiovasculares e metabólicas, como hipertensão arterial sistêmica e insuficiência cardíaca congestiva ([Milne e Hong, 2004](#)). Como já se sabe que a prática de exercício físico regular ocasiona diversos benefícios para o sistema cardiovascular ([Organização Mundial de Saúde,](#)

[2010](#)), a literatura agora discute se parte dos benefícios apresentados por indivíduos idosos poderia ser atribuída a uma melhoria de controle por parte do SNA.

No estudo de [Kanengusuku et al. \(2015\)](#) foi observado que após 16 semanas de treinamento de exercícios resistidos indivíduos idosos aumentaram massa muscular periférica, porém não alteraram a regulação neural autonômica no coração. Resultados contrários foram encontrados por [Motivala et al. \(2006\)](#). Eles observaram que apesar de pressão arterial e frequência cardíaca não se alterarem após a prática de tai chi chih (TCChih), houve uma redução da atividade do SNS no período de volume diastólico final, ocasionou um aumento dessa fase ([Kanengusuku et al., 2015](#); [Lu e Kuo, 2006](#)). Um aumento nesse momento seria importante, uma vez que quanto maior for o período de volume diastólico final, maior deverá ser o volume de sangue ejetado pelo coração para uma mesma contração cardíaca. Assim, a diminuição de atividade do SNS permitiu que o coração dos praticantes de TCChih ejetasse mais sangue, foi capaz de manter a mesma frequência cardíaca e pressão arterial, diferentemente do que foi observado no grupo controle ([Motivala et al., 2006](#)). Tal fato nos leva a hipotetizar que a prática de TCChih favorece a circulação sanguínea logo após a atividade sem sobrecarregar o coração, devido a alterações no SNA reguladores desse órgão.

Conclusão

A prática de exercício físico tanto de forma crônica como aguda apresentou efeitos benéficos no SN dos idosos, com evidências positivas para os efeitos neuroprotetores e neurogênicos no SNC e nas estruturas e funções do SNP e SNA, como melhoria na ativação das unidades motoras e no fator protetor para as disfunções cardiovasculares comumente observadas nessa população. A maioria dos estudos também forneceu informações relacionadas a outros desfechos funcionais e reportou resultados positivos para esses desfechos. Os exercícios físicos mais frequentemente feitos foram os aeróbicos. Os parâmetros de treinamento foram muito variáveis e, portanto, deve ser investigado se determinados parâmetros são capazes de induzir maiores benefícios ao SN de indivíduos idosos com efeitos concomitantes na sua funcionalidade. Portanto, a prática regular de exercício físico, especificamente os aeróbicos, deve ser recomendada e adotada por esses indivíduos.

Contribuições individuais de cada autor na elaboração do artigo

Aline Scianni: concepção, planejamento, organização, interpretação dos resultados, estruturação do manuscrito, escrita do manuscrito, revisão crítica do seu conteúdo e aprovação da versão final. Giselle Silva e Faria: concepção, planejamento, organização, coleta, extração e análise dos dados, interpretação dos resultados, estruturação e escrita do manuscrito e aprovação da versão final. Jederson Soares da Silva: concepção, planejamento, organização, coleta, extração e análise dos dados, interpretação dos resultados, estruturação e escrita do manuscrito e aprovação da versão final. Poliana do Amaral Benfica: concepção, planejamento, organização, coleta, extração e análise dos

dados, interpretação dos resultados, estruturação e escrita do manuscrito e aprovação da versão final. Christina Danielli Coelho de Moraes Faria: concepção, planejamento, organização, interpretação dos resultados, estruturação do manuscrito, escrita do manuscrito, revisão crítica do conteúdo e aprovação da versão final.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

Referências

- Ainslie PN, Cotter JD, George KP, Lucas S, Murrell C, Shave R, et al. [Elevation in cerebral blood flow velocity with aerobic fitness throughout healthy human ageing. J Physiol 2008;586:4005–10.](#)
- Anderson-Hanley C, Arciero PJ, Brickman AM, Nimon JP, Okuma N, Westen SC, et al. [Exergaming and older adult cognition: A cluster randomized clinical trial. Am J Prev Med 2012;42:109–19.](#)
- Batista FS, Gomes GA, Neri AL, Guariato ME, Cintra FA, Sousa MdaL, et al. [Relationship between lower-limb muscle strength and frailty among elderly people. Sao Paulo Med J 2012;130:102–8.](#)
- Burdette JH, Laurienti PJ, Espeland MA, Morgan A, Telesford Q, Vechlekar CD, et al. [Using network science to evaluate exercise-associated brain changes in older adults. Frontiers in Aging Neuroscience 2010;2:1–10.](#)
- Cadore EL, Izquierdo M, Pinto SS, Alberton CL, Pinto RS, Baroni BM, et al. [Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: Effects of intrasession exercise sequence. Age 2013;35:891–903.](#)
- Chapman SB, Aslan S, Spence JS, DeFina LF, Keebler MW, Didehban N, et al. [Shorter term aerobic exercises improves brain, cognition, and cardiovascular fitness in aging. Front Aging Neurosci 2013;5:1–9.](#)
- Coelho FGM, Gobbi S, Andreatto CA, Corazza DI, Pedrosa RV, Santos-Galduróz RF. [Physical exercise modulates peripheral levels of brain-derived neurotrophic factor \(BDNF\): A systematic review of experimental studies in the elderly. Arch Gerontology Geriatr 2013;56:10–5.](#)
- Colcombe S, Kramer AF. [Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. Psychol. Science 2003;14:125–30.](#)
- Colcombe SJ, Erickson KI, Scalf PE, Kim JS, Prakash R, McAuley E, et al. [Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. J Gerontology 2006;61:1166–70.](#)
- Colcombe SJ, Kramer AF, Erickson KI, Scalf P, McAuley E, Cohen NJ, et al. [Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. PNAS 2004;101:3316–21.](#)
- Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, Basak C, Szabo A, Chaddock L, et al. [Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. Proc Natl Acad Sci 2011;108:3017–22.](#)
- Espinoza SE, Jung I, Hazuda H. [Frailty Transitions in the San Antonio Longitudinal Study of Aging. J Am Geriatr Soc 2012;60:652–60.](#)
- Fagius J, Wallin BG. [Long-term variability and reproducibility of resting human muscle nerve sympathetic activity at rest, as reassessed after a decade. Clin Auton Res 1993;3:201–5.](#)
- Fisher JP, Hartwich D, Seifert T, Olesen ND, McNulty CL, Nielsen HB, et al. [Cerebral perfusion, oxygenation and metabolism during exercise in young and elderly individuals. J Physiol 2013;591:1859–70.](#)
- Foster PP, Rosenblatt KP, Kuljiš RO. [Exercise-induced cognitive plasticity, implications for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. Front Neurology 2011;2:1–15.](#)
- Galloza J, Castillo B, Micheo W. [Benefits of Exercise in the Older Population. Phys Med Rehabil Clin N Am 2017;28:659–69.](#)
- Habeck C, Steffener J, Rakitin B, Stern Y. [Can the default-mode network be described with one spatial-covariance network? Brain Res 2012;1468:38–51.](#)
- Hyodo K, Dan I, Suwabe K, Kyutoku Y, Yamada Y, Akahori M, et al. [Acute moderate exercise enhances compensatory brain activation in older adults. Neurobiol Aging 2012;33:2621–32.](#)
- Jack CR, Wiste HJ, Vemuri P, Weigand SD, Senjem ML, Zeng G, et al. [Brain beta-amyloid measures and magnetic resonance imaging atrophy both predict time-to-progression from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease. Brain 2010;133:3336–48.](#)
- Kamijo K, Hayashi Y, Sakai T, Yahiro T, Tanaka K, Nishihira Y. [Acute effects of aerobic exercise on cognitive function in older adults. Journal of Gerontology: Psychological Sciences 2009;64B:356–63.](#)
- Kanegusuku H, Queiroz AC, Silva VJ, de Mello MT, Ugrinowitsch C, Forjaz CL. [High-intensive progressive resistance training increases strength with no change in cardiovascular function and autonomic neural regulation in older adults. J Aging Phys Activity 2015;23:339–45.](#)
- Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, Banich MT, McAuley E, Harrison CR, et al. [Ageing, fitness and neurocognitive function. Nature 1999;400:418–9.](#)
- Leckie RL, Oberlin LE, Voss MW, Prakash RS, Szabo-Reed A, Chaddock-Heyman L, et al. [BDNF mediates improvements in executive function following a 1-year exercise intervention. Front Hum Neurosci 2014;8:1–12.](#)
- Li X, Coyle D, Maguire L, Watson DR, McGinnity TM. [Gray matter concentration and effective connectivity changes in Alzheimer's disease: a longitudinal structural MRI study. Neuroradiology 2011;53:733–48.](#)
- Liu-Ambrose T, Nagamatsu LS, Voss MW, Khan KM, Handy TC. [Resistance training and functional plasticity of the aging brain: A 12-month randomized controlled trial. Neurobiol Aging 2012;33:1690–8.](#)
- Lu W, Kuo C. [Comparison of the effects of Tai Chi Chuan and Wai Tan Kung exercise on autonomic nervous system modulation and on hemodynamics in elder adults. Am J Chinese Med 2006;34:959–68.](#)
- Miller SL, Celone K, DePeau K, Diamond E, Dickerson BC, Rentz D, et al. [Age-related impairment associated with loss of parietal deactivation but preserved hippocampal activation. Proc. Natl Acad Sci 2008;105:2181–6.](#)
- Milne B, Hong M. [Increasing longevity by decreasing sympathetic stress - early beta receptor blockade pharmacotherapy. Med Hypotheses 2004;62:755–8.](#)
- Motivala SJ, Sollers J, Thayer J, Irwin MR. [Tai chi chih acutely decreases sympathetic nervous system activity in older adults. J Gerontology 2006;61:1177–80.](#)
- Murman DL. [The Impact of Age on Cognition. Semin Hear 2015;36:111–21.](#)
- Organização Mundial de Saúde. [Global recommendations on physical activity for health. Geneva: WHO; 2010.](#)
- Park J, Lee J, Yang J, Lee B, Han D. [Effects of combined exercise on changes of lower extremity muscle activation during in older women. J Phys Ther Sci 2015;27:1515–8.](#)
- Raichlen DA, Alexander GE. [Adaptive Capacity: An Evolutionary Neuroscience Model Linking Exercise, Cognition, and BrainHealth. Trends Neurosci 2017;40:408–21.](#)

- Raz N, Lindenberger U, Rodrigue KM, Kennedy KM, Head D, Williamson A, et al. Regional brain changes in aging healthy adults: General trends, individual differences and modifiers. *Cereb Cortex* 2005;15:1676–89.
- Samson RD, Barnes CA. Impact of aging brain circuits on cognition. *Eur J Neurosci* 2013;37:1903–15.
- Seals DR, Dinunno FA. Collateral damage: cardiovascular consequences of chronic sympathetic activation with human aging. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2004;287:1895–905.
- Seals DR, Esler MD. Human ageing and the sympathoadrenal system. *J Physiol* 2000;528:407–17.
- Smiley-Oyen AL, Lowry KA, Francois SJ, Kohut ML, Ekkekakis P. Exercise, fitness, and neurocognitive function in older adults: the “selective improvement” and “cardiovascular fitness” hypotheses. *Ann Behav Med* 2008;36:280–91.
- Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the assessment of physical activity. Clinical and research applications: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013;128:2259–79.
- Sugiura M. Functional neuroimaging of normal aging: Declining brain, adapting brain. *Ageing Res Rev* 2016;30:61–72.
- Taylor-Piliae RE, Newell KA, Cherin R, Lee MJ, King AC, Haskell WL. Effects of Tai Chi and Western Exercise on Physical and Cognitive Functioning in Healthy Community-Dwelling Older Adults. *J Aging Phys Act* 2010;18(3):261-79.
- Thomas BP, Yezhuvath US, Tseng BY, Liu P, Levine BD, Zhang R, et al. Life-long aerobic exercise preserved baseline cerebral blood flow but reduced vascular reactivity to CO₂. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 2013;38:1–16.
- Viana JU, Silva SL, Torres JL, Dias JM, Pereira LS, Dias RC. Influence of sarcopenia and functionality indicators on the frailty profile of community-dwelling elderly subjects: a cross-sectional study. *Braz J Phys Ther* 2013;17:373–81.
- Voss MW, Erickson KI, Prakash RS, Chaddock L, Kim JS, Alves H, et al. Neurobiological markers of exercise-related brain plasticity in older adults. *Brain Behav Immun* 2013;28:90–9.
- Voss MW, Prakash RS, Erickson KI, Basak C, Chaddock L, Kim JS, et al. Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. *Front Aging Neurosci* 2010;2:1–17.
- Whitwell JL, Przybelski SA, Weigand SD, Knopman DS, Boeve BF, Petersen RC, et al. 3D maps from multiple MRI illustrate changing atrophy patterns as subjects progress from mild cognitive impairment to Alzheimer’s disease. *Brain* 2007;130:1777–86.