RELATO DE CASO

Efeitos do treino aeróbico aquático sobre a cognição de um indivíduo após traumatismo crânio encefálico: estudo de caso

Effects of aquatic aerobic training on an individual's cognition after traumatic brain injury: a case study

Caio Roberto Aparecido de Paschoal Castro[1], Cristiane Dias dos Anjos de Souza[1], Adreia Poletti[1], Suraya Gomes Novais Shimano[1], Douglas Martins Braga[1]

RESUMO

Objetivo: Verificar a interferência do exercício aeróbico realizado no ambiente aquático na cognição de um indivíduo com Traumatismo Crânio Encefálico (TCE). **Método:** Trata-se de um estudo de caso experimental realizado no Setor de Fisioterapia Aquática da AACD, após a aprovação pelo CEP da instituição. Participou do estudo um indivíduo do sexo masculino, de 31 anos, que sofreu um TCE há quase de 12 meses da data da avaliação. Na anamnese, o indivíduo não relatou hidrofobia e, ao exame físico, o indivíduo não apresentou dor ou disfunções que comprometessem a realização dos exercícios do protocolo. Comprometeu-se a não realizar outra atividade física durante a realização do estudo. Foi submetido à avaliação neuropsicológica detalhada antes e após a intervenção de um protocolo de treino aeróbico aquático. O protocolo foi constituído de 12 sessões de 45 minutos, uma vez por semana, de treino aeróbico em uma bicicleta subaquática com acompanhamento de um fisioterapeuta. A temperatura da água foi de 33°C e imersão ao nível do processo xifóide. O monitoramento da intensidade do treino foi realizado através da frequência cardíaca (FC) e a FC alvo foi estipulada pela fórmula de Karvonenn. **Resultados:** O participante melhorou a pontuação nos testes de funções intelectuais, processos atencionais e velocidade de processamento de informações, habilidades viso espaciais, linguagem, raciocínio lógico, cálculo mental, raciocínio abstrato. **Conclusão:** O exercício aeróbico aquático interferiu positivamente nas funções cognitivas de um indivíduo com sequelas de um TCE.

Palavras-chaves: Lesões Encefálicas Traumáticas, Hidroterapia, Treino Aeróbico, Cognição

ABSTRACT

Objective: To verify the interference of aerobic aquatic exercise performed in the cognition of an individual with Traumatic Brain Injury (TBI). **Method:** This is experimental case study occured in the Aquatic Physiotherapy Sector of the AACD. It was aprroved by the institution's Research Ethics Committee, protocol number 3,171,742. A 31-year-old male who underwent a TBI (almost 12 months from the evaluation date) participated in the study. The participant did not report hydrophobia and, on physical assessment, he did not present pain or dysfunctions that compromised his physical performance. He undertook not to perform another physical activity during the study. A neuropsychological evaluation was carried out before and after the intervention. The protocol consisted of 12 sessions of 45 minutes, once a week, aerobic training on an underwater bike with a physiotherapist monitoring. The water temperature was 33°C and immersion at the level of the xifoid process. The training intensity monitoring was performed through heart rate (HR) and target HR was stipulated by Karvonenn formula. **Results:** The participant improved the score in the tests of intellectual functions, intentional processes and speed of information processing, spatial vision skills, language, logical reasoning, mental calculus, abstract reasoning. **Conclusion:** Aquatic aerobic exercise positively interfered with the cognitive functions of an individual with sequelae of an TBI.

Keywords: Brain Injuries, Traumatic, Hydrotherapy, Endurance Training, Cognition

[1] Associação de Assistência à Criança Deficiente - AACD
[2] Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM

Correspondência
Caio Roberto Aparecido de Paschoal Castro
E-mail: caio.paschoal11@hotmail.com

Submetido: 3 Março 2021
Aceito: 5 Agosto 2021

Como citar
Castro CRAP, Souza CDA, Poletti A, Shimano SGN, Braga DM. Efeitos do treino aeróbico aquático sobre a cognição de um indivíduo após traumatismo crânio encefálico: estudo de caso. Acta Fisiátr. 2021;28(3):201-206.

10.11606/issn.2317-0190.v28i3a182740

©2021 by Acta Fisiátrica

Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional

INTRODUÇÃO

O traumatismo cranioencefálico (TCE) é definido como uma lesão no cérebro que ocorre de forma não degenerativa ou congênita, provocado por uma força física externa,[1] por carga dinâmica ou impacto direto, ou movimento repentinos que podem resultar em uma contusão, concussão ou combinação de movimentos causando uma lesão por "chicoteamento".[2]

O TCE é a segunda maior causa de mortalidade e morbidade em todo o mundo[3] e a maior causa de incapacitação funcional no Brasil, impactando na qualidade de vida do individuo.[4] No ano de 2016 foram registrados 101.527 casos de TCE no Brasil. Isso corresponde a 16% dos 1.240.000 acidentes de tráfego rodoviário. O alto número de casos sobrecarrega os sistemas de saúde por conta do longo período de tratamento e altos custos.[5]

O mecanismo de lesão do TCE é complexo e por isso pode comprometer áreas encefálicas responsáveis pela emoção, comportamento, percepção, cognição e movimento.[6] Os distúrbios do tecido nervoso podem ser temporários ou permanentes, dependendo da região onde ocorra a morte neuronal. Lesões na região frontal, que é responsável pelo controle espaço-temporal, linguagem e funções executivas, podem desencadear alterações cognitivas, alterando componentes de personalidade.[7] A lesão no lobo frontal compromete a capacidade do indivíduo de planejar uma ação de forma conveniente.[8]

A cognição é frequentemente afetada nos TCEs,[9] por causa da interrupção do sistema de neurotransmissores catecolaminérgicos (dopamina e noradrenalina) causando alteração de modulação da função cognitiva.[10] Os déficits estão relacionados aos domínios como: velocidade de processamento, memória, função executiva e atenção,[11] podendo ser temporários e/ou permanentes, limitando as atividades do indivíduo, afetando a participação na sociedade e diminuindo a qualidade de vida.[12]

Para a recuperação destas funções e reabilitação do indivíduo, existem diversas técnicas e métodos utilizados. Contudo, sabe-se que o exercício aeróbico é uma das formas eficientes de tratamento para a melhora do funcionamento do sistema cognitivo.[13]

O exercício aeróbico tem efeitos positivos, principalmente, nos domínios de atenção, memória de trabalho, função executiva e resolução de conflitos.[13] Apresenta efeito potencial de neuroproteção e recuperação neuronal, além de aumento de fator neurotrófico no hipocampo e melhora da cognição.[14] Esses efeitos foram apresentados em estudos tanto em humanos como em animais.[15-17] Além dos efeitos cognitivos, este tipo de exercício promove aumento da circulação sanguínea e benefícios relacionados à diminuição do estresse, regulação emocional, equilíbrio e aumento do nível de energia, diminuindo riscos de depressão e melhorando a integração social em indivíduos com TCE.[18] Acredita-se que, o exercício aeróbico realizado no ambiente aquático possa intensificar o aumento da circulação sanguínea encefálica, quando o corpo está imerso em nível de processo xifóide ou acima.[19] Isso ocorre por conta da temperatura elevada da piscina (32 a 35 graus Celsius), que diminui a resistência vascular periférica, em conjunto com a pressão hidrostática que auxilia no retorno venoso.[20] Em indivíduos com sequelas neurológicas, o exercício aeróbico também pode ser realizado no ambiente aquático.[21]

Benefícios para o condicionamento físico de crianças com paralisia cerebral deambuladoras e no humor de pessoas com TCE já foram descritos na literatura.[22,23] Porém, ainda não foram encontrados estudos na literatura, que mostrem os efeitos do exercício aeróbico realizado no ambiente aquático, para a cognição em indivíduos com sequelas do TCE.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi verificar a interferência do exercício aeróbico realizado no ambiente aquático no aspecto cognitivo em um indivíduo pós TCE.

MÉTODO

Foi realizado um estudo de caso no setor de fisioterapia aquática da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD), após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição, segundo a Resolução 466 do CONEP, sob o parecer 3.171.742.

Foi selecionado um indivíduo do sexo masculino, com 31 anos de idade, que sofreu um TCE há menos de 12 meses da data da avaliação e evoluiu com alterações cognitivas.

O participante foi submetido a uma avaliação cinético-funcional, na qual, foi observado que ele apresentava amplitude de movimento completa de quadris, joelhos e tornozelos, grau 5 de força muscular global e espasticidade grau 1 na Modified Ashworth Scale (MAS) em adutores de quadris. Além disso, o participante era deambulador comunitário e não necessitava de dispositivo auxiliar de marcha para locomoção.

A queixa funcional do participante foi relacionada a diminuição do equilíbrio quando aumentava a velocidade da marcha, porém sem relatos de queda. A partir desta avaliação foi verificado que o participante seria capaz de realizar o protocolo de intervenção proposto. Uma semana após este procedimento, o participante foi submetido a uma avaliação neuropsicológica para identificar possíveis alterações cognitivas. Esta avaliação foi realizada novamente uma semana após o protocolo de intervenção proposto no atual estudo.

Durante o protocolo de intervenção o participante não realizou nenhum outro tipo de atividade física regular ou terapia. Este, concordou em participar do estudo e assinou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

A avaliação neuropsicológica foi realizada por uma psicóloga experiente no atendimento de pessoas com sequelas após TCE. A avaliação foi realizada uma semana antes da intervenção e uma semana após.

Os desfechos analisados foram relacionados as áreas de funções intelectuais, processos atencionais e velocidade de processamento de informações, habilidades viso espaciais, linguagem, raciocínio lógico, cálculo mental, raciocínio abstrato, memória de curto prazo, memória episódica e humor.

Os instrumentos de avalições utilizados para a mensuração quantitativa, foram: WAIS III[24] (QI, atenção, velocidade do processamento de informações, habilidades visoespaciais, linguagem, raciocínio lógico, cálculo mental, raciocínio abstrato e memória de curti prazo), Teste de atenção concentrada - TEACO[25] (atenção e velocidade para processar informações),

Teste de atenção dividida - TEADI[26] (atenção e velocidade para processar informações), Teste do desenho do relógio[27] (habilidades visoespaciais), Nomeação–Boston Naming[28] (linguagem), Teste de fluência verbal (linguagem), Teste de fluência verbal semântica (linguagem), Teste de aprendizado auditivo-verbal-RAVLT[29] (memória episódica), Memória episódica visual tardia (memória episódica), Memória episódica visual imediata (memória episódica), Escala Beck – BDI[30] (humor).

O protocolo de intervenção foi realizado em uma piscina terapêutica, com temperatura da água entre 32 e 34 graus Celsius, utilizando uma bicicleta subaquática estacionária, com nível de imersão do participante em processo xifoide. O selim da bicicleta foi ajustado à altura dos quadris do participante, garantindo uma boa postura durante a realização dos exercícios.

O indivíduo realizou 12 sessões de terapias de 45 minutos, em um período de 12 semanas. Foram realizadas 8 séries de pedaladas em uma bicicleta subaquática estacionária, com duração de 4 minutos de exercício ativo e 2 minutos de intervalo, em repouso, entre elas. A frequência cardíaca alvo foi calculada pela fórmula de Karvonnen,[31] baseando-se na frequência cardíaca máxima (220 – idade) e frequência cardíaca de repouso estabelecida com o participante sentado na bicicleta com nível de imersão em processo xifóide.

A porcentagem da frequência cardíaca estipulada foi entre 60 e 80%, portanto o exercício foi realizado com a frequência cardíaca alvo entre 146 e 168bpm. A fórmula para o cálculo da frequência cardíaca alvo é:

$$FCa = x.\ (FCmáx - FCr) + FCr$$

FCa: Frequência cardíaca alvo; x: porcentagem estipulada; Fcmáx: Frequência cardíaca máxima; FCr: Frequência cardíaca de reserva

O equipamento utilizado para mensurar a frequência cardíaca foi o Frequencímetro POLAR FT1, composto por uma cinta com sensores cardíacos e um relógio de punho que capta os sinais dos sensores. Este equipamento permitiu que a frequência cardíaca fosse mensurada à todo momento durante todas as sessões.

Durante o protocolo de intervenção, o terapeuta ofereceu estímulos verbais para que o participante aumentasse ou diminuísse a velocidade das pedaladas, para que a frequência cardíaca alvo fosse atingida.

RESULTADOS

Após o término das avaliações, os dados foram tabelados analisados de forma descritiva em valores absolutos e percentis. A diferença entre os momentos antes e após a intervenção foi apresentada em valores absolutos e foram discutidas em ganhos percentuais. A Tabela 1 mostra os resultados após a intervenção realizada.

Foram encontrados resultados positivos em todos os testes de funções intelectuais. O QI total aumentou de 90 para 98, subindo a média de 25 para 45. A pontuação do QI verbal passou de 84 para 90, elevando a média, que estava em 14, para 25. A reavaliação do QI execução indicou um aumento de 99 para 108 no percentil, elevando a média de 47 para 70, após a intervenção. Quanto à avaliação dos processos atencionais e velocidade do processamento de informações, o teste de Códigos Wais obteve melhora significativa, passando de 24 (classificando-se em média inferior) para 37, enquadrando-se dentro da média. Não obteve diferença com relação ao TEADI, que permaneceu em 50 em ambas as avaliações.

Tabela 1. Resultado da avaliação neuropsicológica pré e pós intervenção do protocolo de exercício aeróbico na piscina

Variáveis		Avaliação Pré-Intervenção		Avaliação Pós-Intervenção	
		Valor Absoluto	Percentil	Valor Absoluto	Percentil
Funções Intelectuais	QI total (Wais)	90	25	98*	45
	QI verbal (Wais)	84	14	90*	25
	QI execução (Wais)	99	47	108*	70
Atenção e velocidade para processar informações	TEACO	50		50	
	TEADI	50		50	
	Código Wais	24		37*	
Habilidades visoespaciais	Teste do relógio	37		84*	
	Cubos Wais	63		75*	
Linguagem	Vocabulário Wais	9		24*	
	Compreensão Wais	9		37*	
	Boston Naming	50		50	
	Fuência Verbal	7		7	
	Fluência Verbal Semântica	10		10	
Raciocínio Lógico	Raciocínio Matricial Wais	63		84*	
Cálculo Mental	Aritmética Wais	24		37	
Raciocínio Abstrato	Semelhança Wais	16		37*	
Mémoria Curto Prazo	Dígitos Wais	37		24	
Memória Episódica	RAVLT – A1	24		7	
	RAVLT – A1 a A5	<1		<1	
	RAVLT – A7	5		5	
	MEVI	16		97*	
	MEVT	86		86	
Humor	Escore de Beck	33		0*	

*TEACO (Teste de Atenção Concentrada); TEAD (Teste de Atenção Dividida); RAVLT – A1 (Memória Episódica Verbal Imediata); RAVLET A1 a A5 (Curva de aprendizado); RAVLT- A7 (Memória Episódica Verbal Tardia); MEVI (Memória Episódica Visual Imediata); MEVT (Memória Episódica Visual Tardia); *Melhora no desempenho em classificação das escalas (seja escala numérica ou ordinal categorizada)*

No quesito de habilidades viso espaciais, encontrou-se melhora em ambos os testes. O teste de completar figuras teve o resultado de 37 na primeira avaliação, enquanto na segunda avaliação o resultado foi de 84, atingindo a média superior. Já no teste Cubos de Wais, o resultado passou de 63 para 75 na segunda avaliação.

Na avaliação da linguagem, o teste de vocabulário subiu de 9 para 24, atingindo a média inferior; o teste de compreensão Wais, aumentou de 9 para 37, passando de limítrofe para média. Os testes de nomeação Boston Naming e Fluência Verbal e Semântica mantiveram-se com os mesmos resultados em ambas as avaliações, sendo 50, 7 e 10 respectivamente.

O raciocínio lógico passou de 63, na primeira avaliação, para 84 na segunda avaliação. Cálculo mental, mensurado pelo teste Aritmética Wais, subiu de 24 para 37; raciocínio abstrato, avaliado pelo teste Semelhanças Wais, aumentou de 16 par 37.

Não se obteve resultado significativo para os testes de memória de curto prazo e memória episódica verbal imediata e tardia. Somente o teste de memória episódica visual imediata, que aumentou de 16 para 97 na segunda avaliação.

Durante o protocolo de intervenção a variação da frequência cardíaca em repouso não ultrapassou ±5bpm, portanto a faixa de frequência cardíaca alvo foi mantida durante todas as sessões (Figura 1).

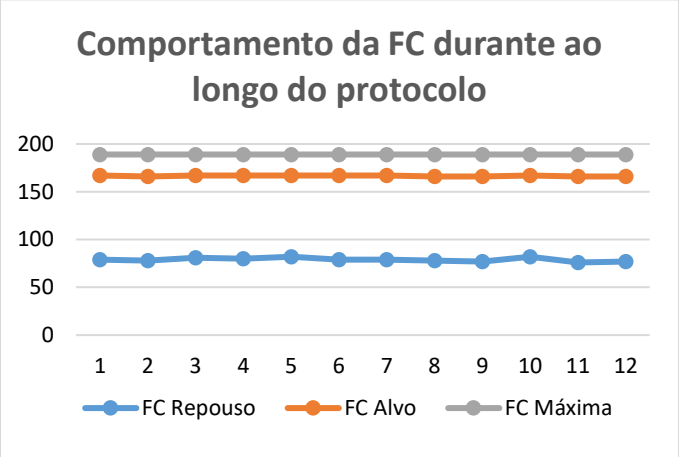

Figura 1. Comportamento da FC durante o protocolo

DISCUSSÃO

Os resultados encontrados demonstraram melhora em diversos domínios cognitivos após o protocolo de exercícios aeróbicos no ambiente aquático. Após o protocolo de intervenção foram encontrados efeitos positivos nas funções intelectuais, assim como as habilidades viso-espaciais, vocabulário e compreensão linguagem, raciocínio lógico, raciocínio abstrato, memoria episódica e humor. Tais resultados corroboram com uma revisão sistemática[17] que concluiu que os exercícios aeróbicos promovem efeitos positivos na função cognitiva de pessoas com lesão cerebral.

A FC durante o treino não sofreu alteração, pois foi estipulada uma faixa de FC alvo (60 a 80% da FC máxima) para a intervenção. Foi solicitado ao paciente aumentar ou diminuir a velocidade das pedaladas para que a FC alvo fosse atingida. Portanto a FC não foi um desfecho analisado como evolução do indivíduo selecionado para o estudo.

Sabe-se que a capacidade aeróbica de indivíduos após um TCE é reduzida em 25 a 30%[32] e que esta capacidade tem correlação com aspectos cognitivos.[33] Outros estudos verificaram que um programa de exercícios aeróbicos proporcionou efeitos positivos para memória, funções executivas e velocidade de processamento dos participantes.[34,35] O hipocampo faz parte do sistema límbico e está associado à memória e ao aprendizado. Estudos demonstraram que os exercícios aeróbicos resultam em um aumento volumétrico do hipocampo e consequentemente à um bom desempenho de suas funções, evitando a diminuição desta estrutura, que ocorre ao longo do tempo.[36]

Em um estudo com ratos foi observado que a expressão do fator neurotrófico esteve aumentada no hipocampo após o treino aeróbico, área essa responsável pela memória e aprendizado.[15] Em outro estudo experimental, os pesquisadores concluíram que houve um aumento do fator neurotrófico no hipocampo e que após os exercícios os déficits cognitivos foram atenuados.[16]

Em uma análise qualitativa-descritiva, a melhora da função cognitiva influenciou na relação interpessoal, deu maior independência e, como consequência, a melhora do planejamento motor, que é necessário para a execução do movimento. Este resultado vai de encontro aos resultados de uma revisão sistemática[37] que aponta efeitos benéficos para a cognição a partir da realização de exercício aeróbico em pacientes com alterações neurológicas, aumentando a velocidade do processamento de informação, atenção e flexibilidade cognitiva.

Os pressupostos assumidos no atual estudo, para a realização deste protocolo dentro de uma piscina, estão correlacionados com os efeitos da água sobre o corpo em imersão, que aumentam o retorno venoso em 30%, por conta da pressão hidrostática, e tem a resistência vascular periférica diminuída, por conta da temperatura a água aquecida.[22]

Além disso, sabe-se que a imersão em nível de processo xifóide diminui a frequência cardíaca em, aproximadamente, 12%,[23] por esta razão estabelecemos a frequência cardíaca em repouso no momento em que o participante já estava posicionado sentado na bicicleta com imersão em processo xifóide. A temperatura aquecida da água exerce um aumento no equilíbrio no sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático.[23] O corpo imerso em água aquecida também sofre efeitos no sistema nervoso, observando-se o aumento da circulação sanguínea cerebral, aumento da atividade cortical, melhora das funções executivas e aumento na produção de BDNF.[19]

Os efeitos do treino aeróbico aquático sobre o sistema cognitivo foram observados em mulheres idosas, em um ensaio clínico comparando esta intervenção com o treino aeróbico em solo. Além da melhora da função cognitiva, foi observado um aumento do BDNF superior ao treino aeróbico fora da piscina.[38] O atual estudo é o primeiro realizado, relacionando o exercícios aeróbicos aquáticos em um indivíduo após TCE, com as funções cognitivas.

Uma revisão sistemática verificou que os exercícios aeróbicos promovem efeitos positivos para atenção e velocidade de processamento das informações, funções executivas e memória, através de estudos que utilizaram a avaliação neuropsicológica como instrumento de medida, porém, a composição das amostras dos estudos incluídos nesta revisão foi heterogênea. Foram incluídos indivíduos de diversas patologias e/ou diferentes faixas etárias.[39]

Em um ensaio clínico aleatorizado envolvendo indivíduos com Alzheimer, foi verificado que o exercício aeróbico promoveu melhora da função cognitiva após o programa de intervenção de seis meses.[40] Em outro ensaio clínico, foi

observado que exercícios realizados no ambiente aquático promoveram efeitos positivos para diminuição da ansiedade e depressão, através do Inventário de depressão de Beck, também utilizado no atual estudo.[41]

CONCLUSÃO

Com a limitação do estudo, deve-se destacar que, este, é um estudo de caso e que a realização de ensaios clínicos controlados é necessária para confirmar os achados deste relato de caso. Desta forma conclui-se que o exercício aeróbico no ambiente aquático interferiu de forma positiva nas funções cognitivas de um indivíduo com sequelas de um TCE.

REFERÊNCIAS

1. Almeida TLT, Falkenburg L, Nascimento RZR, Reis CA, Sales VC, Pedroso TD, et al. Traumatismo cranioencefálico: reabilitação. Acta Fisiátr. 2012;19(2):130-7. DOI: https://doi.org/10.5935/0104-7795.20120020
2. Radomski MV, Giles GM, Owens J, Showers M, Rabusch S, Kreiger R, et al. Can service members with mild traumatic brain injury learn to develop implementation intentions for self-identified goals? Disabil Rehabil. 2020:1-8. Doi: https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1841309
3. Brasil. Ministério da Saúde. Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com traumatismo cranioencefálico. Brasília: Ministério da Saúde; 2015.
4. World Health Organization. Good health adds life to years: Global brief for World Health Day 2012. Geneva: WHO; 2012.
5. World Health Organization. World health statistics 2018: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: WHO; 2018.
6. Moura EW, Lima E, Borges D, Silva PA. Fisioterapia: sspectos clínicos e práticos da reabilitação. São Paulo: Artes Médicas; 2010.
7. Prigatano GP. Personality disturbances associated with traumatic brain injury. J Consult Clin Psychol. 1992;60(3):360-8. Doi: https://doi.org/10.1037//0022-006x.60.3.360
8. Kendell RE. The distinction between personality disorder and mental illness. Br J Psychiatry. 2002;180:110-5. Doi: https://doi.org/10.1192/bjp.180.2.110
9. de Guise E, Alturki AY, LeBlanc J, Champoux MC, Couturier C, Lamoureux J, et al. The Montreal Cognitive Assessment in persons with traumatic brain injury. Appl Neuropsychol Adult. 2014;21(2):128-35. Doi: https://doi.org/10.1080/09084282.2013.778260
10. Jenkins PO, Mehta MA, Sharp DJ. Catecholamines and cognition after traumatic brain injury. Brain. 2016;139(Pt 9):2345-71. Doi: https://doi.org/10.1093/brain/aww128
11. Draper K, Ponsford J. Cognitive functioning ten years following traumatic brain injury and rehabilitation. Neuropsychology. 2008;22(5):618-625. Doi: https://doi.org/10.1037/0894-4105.22.5.618
12. Dang B, Chen W, He W, Chen G. Rehabilitation Treatment and Progress of Traumatic Brain Injury Dysfunction. Neural Plast. 2017;2017:1582182. Doi: https://doi.org/10.1155/2017/1582182
13. Lojovich JM. The relationship between aerobic exercise and cognition: is movement medicinal? J Head Trauma Rehabil. 2010;25(3):184-92. Doi: https://doi.org/10.1097/HTR.0b013e3181dc78cd
14. Damiano DL, Zampieri C, Ge J, Acevedo A, Dsurney J. Effects of a rapid-resisted elliptical training program on motor, cognitive and neurobehavioral functioning in adults with chronic traumatic brain injury. Exp Brain Res. 2016;234(8):2245-52. Doi: https://doi.org/10.1007/s00221-016-4630-8
15. Griesbach GS, Hovda DA, Molteni R, Wu A, Gomez-Pinilla F. Voluntary exercise following traumatic brain injury: brain-derived neurotrophic factor upregulation and recovery of function. Neuroscience. 2004;125(1):129-39. Doi: https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2004.01.030
16. Chou W, Liu YF, Lin CH, Lin MT, Chen CC, Liu WP, et al. Exercise rehabilitation attenuates cognitive deficits in rats with traumatic brain injury by stimulating the cerebral HSP20/BDNF/TrkB Signalling Axis. Mol Neurobiol. 2018;55(11):8602-8611. Doi: https://doi.org/10.1007/s12035-018-1011-2
17. Vanderbeken I, Kerckhofs E. A systematic review of the effect of physical exercise on cognition in stroke and traumatic brain injury patients. NeuroRehabilitation. 2017;40(1):33-48. Doi: https://doi.org/10.3233/NRE-161388
18. Miczak K. Exercise after brain injury [text on the Internet]. Alexandria: APTA; c2015 [cited 2021 Feb 3]. Available from: https://www.neuropt.org/docs/default-source/bi-sig/exercise_after_tbi.pdf?sfvrsn=2&sfvrsn=2
19. Güeita-Rodríguez J, Florencio LL, Arias-Buría JL, Lambeck J, Fernández-de-Las-Peñas C, Palacios-Ceña D. Content comparison of aquatic therapy outcome measures for children with neuromuscular and neurodevelopmental disorders using the International Classification of Functioning, Disability, and Health. Int J Environ Res Public Health. 2019;16(21):4263. Doi: https://doi.org/10.3390/ijerph16214263
20. Silva J, Branco FR. Fisioterapia aquática funcional. São Paulo: Artes médicas; 2011.
21. Becker BE. Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. PM R. 2009;1(9):859-72. Doi: https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.05.017
22. Pinkham AE, Penn DL, Green MF, Buck B, Healey K, Harvey PD. The social cognition psychometric evaluation study: results of the expert survey and RAND panel. Schizophr Bull. 2014;40(4):813-23. Doi: https://doi.org/10.1093/schbul/sbt081
23. Driver S, Ede A. Impact of physical activity on mood after TBI. Brain Inj. 2009;23(3):203-12. Doi: https://doi.org/10.1093/schbul/sbt081 10.1080/02699050802695574

24. Wechsler D. WAIS III: manual para administração e avaliação. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2004.
25. Cambraia SV. O Teste de Atenção Concentrada AC: manual. São Paulo: Vetor; 2009.
26. Sisto FF, Noronha APP, Lamounier R, Bartholomeu D, Rueda FJM. Testes de atenção dividida e sustentada – AD e AS. São Paulo: Vetor; 2016.
27. Driver S, Ede A. Impact of physical activity on mood after TBI. Brain Inj. 2009;23(3):203-12. Doi: https://doi.org/10.1080/02699050802695574
28. Mansur LL, Radanovic M, Araújo GC, Taquemori LY, Greco LL. Teste de nomeação de Boston: desempenho de uma população de São Paulo. Pro Fono. 2006;18(1):13-20. Doi: https://doi.org/10.1590/s0104-56872006000100003
29. Malloy-Diniz LF, Cruz MF, Torres VM, Cosenza RM. O teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey: normas para uma população brasileira. Rev Bras Neurol. 2000;36(3):79-83.
30. Goreinstein C, Pang WY, Argimon IL, Werlang BSG. Manual do Inventário de Depressão de Beck – BDI-II. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2011.
31. Brooks DS. The complete book of personal training. Champaign: Human Kinetics; 2003.
32. Mossberg KA, Amonette WE, Masel BE. Endurance training and cardiorespiratory conditioning after traumatic brain injury. J Head Trauma Rehabil. 2010;25(3):173-83. Doi: https://doi.org/10.1097/HTR.0b013e3181dc98ff
33. Pentikäinen H, Savonen K, Ngandu T, Solomon A, Komulainen P, Paajanen T, et al. Cardiorespiratory Fitness and Cognition: Longitudinal Associations in the FINGER Study. J Alzheimers Dis. 2019;68(3):961-8. Doi: https://doi.org/10.3233/JAD-180897
34. Hayes SM, Forman DE, Verfaellie M. Cardiorespiratory fitness is associated with cognitive performance in older but not younger adults. J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci. 2016;71(3):474-82. Doi: https://doi.org/10.1093/geronb/gbu167
35. Chin LM, Keyser RE, Dsurney J, Chan L. Improved cognitive performance following aerobic exercise training in people with traumatic brain injury. Arch Phys Med Rehabil. 2015;96(4):754-9. Doi: https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.11.009
36. Firth J, Stubbs B, Vancampfort D, Schuch F, Lagopoulos J, Rosenbaum S, Ward PB. Effect of aerobic exercise on hippocampal volume in humans: A systematic review and meta-analysis. Neuroimage. 2018;166:230-238. Doi: https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.007
37. McDonnell MN, Smith AE, Mackintosh SF. Aerobic exercise to improve cognitive function in adults with neurological disorders: a systematic review. Arch Phys Med Rehabil. 2011;92(7):1044-52. Doi: https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.01.021
38. Kang DW, Bressel E, Kim DY. Effects of aquatic exercise on insulin-like growth factor-1, brain-derived neurotrophic factor, vascular endothelial growth factor, and cognitive function in elderly women. Exp Gerontol. 2020;132:110842. Doi: https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110842
39. Smith PJ, Blumenthal JA, Hoffman BM, Cooper H, Strauman TA, Welsh-Bohmer K, et al. Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. Psychosom Med. 2010;72(3):239-52. Doi: https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3181d14633
40. Liu-Ambrose T, Best JR, Davis JC, Eng JJ, Lee PE, Jacova C, et al. Aerobic exercise and vascular cognitive impairment: A randomized controlled trial. Neurology. 2016;87(20):2082-2090. Doi: https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003332
41. Aidar FJ, Jacó de Oliveira R, Gama de Matos D, Chilibeck PD, Souza RF, Carneiro AL, et al. A randomized trial of the effects of an aquatic exercise program on depression, anxiety levels, and functional capacity of people who suffered an ischemic stroke. J Sports Med Phys Fitness. 2018;58(7-8):1171-1177. Doi: https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07284-X