

ATIVIDADE FÍSICA E COGNIÇÃO

Data de aceite: 06/06/2023

ALESSANDRA MENDONÇA TOMÁS

PATRÍCIA MARTINS MORAES

NATÁLI VALIM OLIVER BENTO-TORRES

Introdução

Entende-se por cognição os processos mentais de aquisição, armazenamento, manipulação e recuperação de informações, por meio do pensamento, experiência e sentidos. Trata-se da capacidade de resolver

problemas complexos, interpretar estados emocionais, perceber, reagir, processar e entender estímulos. Tais processos exigem alta hierarquia, com densa ativação cortical. Nesse sentido, a cognição é composta de tarefas como memória, aprendizado, linguagem, raciocínio, funções executivas, tempo de reação, entre outras, conforme indicado na figura 1, que exemplifica alguns domínios e processos cognitivos e seus devidos componentes subjacentes (BREED, M.D.; MOORE, 2012; CAMBRIDGE COGNITION, 2015).



Figura 1 – Exemplos de domínios e processos cognitivos e seus componentes subjacentes

Fonte: Adaptado de www.cambridgecognition.com/blog/entry/what-is-cognition.

O presente texto traz uma revisão atualizada acerca dos principais benefícios promovidos pelo exercício físico referentes à cognição. Nele, o leitor vai encontrar evidências científicas dos benefícios da prática de exercícios físicos, desde a tenra infância até a terceira idade. Neste capítulo, passearemos pelos principais domínios cognitivos que são impactados direta ou indiretamente pelo exercício físico, inicialmente no público infantil e juvenil (a partir de 6 até os 13 anos de idade e de 14 a 19 anos). Em seguida, abordaremos aspectos relevantes para adultos jovens e indivíduos de meia idade (de 20 a 64 anos), e, por fim, voltaremos nosso olhar aos idosos e longevos (a partir de 60 anos e acima de 85 anos, respectivamente).

Crianças

Durante a infância, é importante fomentar uma educação pautada na construção de hábitos saudáveis, a fim de manter um estilo de vida ativo, com a presença de atividade e exercício físico, ao longo da vida. Em recente metanálise, Greeff e colaboradores (2018) encontraram efeitos positivos agudos e crônicos da atividade física durante a infância (de 6 a 12 anos de idade) em diversas funções cognitivas e no desempenho acadêmico escolar. Dentre as medidas que se mostraram sensíveis às intervenções agudas de atividade física nessa faixa etária, podemos citar a atenção seletiva, dividida e sustentada, que apresentou efeito positivo e pequeno na ortografia, porém, sem nenhum efeito significativo em leitura e matemática. E, em se tratando do caráter crônico, os programas longitudinais de atividade física afetaram positivamente (com efeito moderado) a memória de trabalho, a flexibilidade cognitiva, a atenção seletiva e ainda melhor desempenho acadêmico (efeito pequeno a moderado) em ortografia, leitura e matemática.

Desse modo, efeitos positivos foram encontrados tanto para atividades agudas quanto para intervenções com modelos de estudo longitudinais, ou seja, que mantenham a regularidade na prática de atividade física durante maiores períodos de intervenção, o que nos sugere que podemos ter desfechos interessantes nessa população a curto, médio e longo prazo.

Erickson e colaboradores (2019) destacam o crescente número de revisões sistemáticas que relacionaram a prática de atividades físicas a desfechos positivos, tanto para a cognição quanto para o desempenho acadêmico infantil, sendo identificados benefícios consistentes, com efeito pequeno a moderado, para a função executiva, atenção e desempenho acadêmico.

Diferentes modalidades de exercício físico têm se mostrado benéficas à saúde das crianças. Contudo, no que se refere à cognição, maior corpo de evidências tem sugerido que o exercício aeróbico, praticado em intensidade moderada a vigorosa, apresenta maiores benefícios quando comparado ao exercício resistido. Portanto, para benefícios maiores à cognição de crianças, parece adequado indicar regularidade e constância na prática

de atividades físicas, priorizando, mas não em caráter exclusivo, a prática de exercícios aeróbicos de intensidade moderada a vigorosa (BEST, 2010; ERICKSON *et al.*, 2019; VERBURGH *et al.*, 2014). Como exemplo disso, o estudo de Davis e colaboradores (2011) demonstrou que crianças com sobrepeso aumentaram seus desempenhos em tarefas de planejamento em cerca de 33% quando comparadas àquelas que não participaram do treinamento de exercícios físicos (DAVIS *et al.*, 2011).

Adolescentes

As evidências sobre os efeitos do exercício físico na cognição em adolescentes são heterogêneas, no entanto, promissoras. Segundo a revisão narrativa de Herting e Chu (2017), o exercício aeróbico e o aumento do nível de atividade física podem ser intervenções comportamentais positivas para o bom desenvolvimento do cérebro adolescente. Em consonância, o estudo de Mezcuca-Hidalgo e colaboradores (2019) realizou experimento de 16 minutos de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) no início do dia escolar; o grupo controle realizou alongamento estático no mesmo período. Os adolescentes que praticaram HIIT tiveram melhor desempenho em atenção na primeira e na segunda hora após o término do exercício. Esses efeitos benéficos do exercício agudo sugerem implicações nos currículos e horários da escola, como possível inserção da aula de Educação Física nos primeiros horários ou antes de disciplinas que exijam altos níveis de atenção, para que haja melhora da concentração nas aulas, pelo menos durante duas horas após o exercício.

O nível de atividade física pode não estar relacionado ao melhor desempenho acadêmico. Foi o resultado do estudo transversal de Kalantari e Esmaeilzadeh (2016), que avaliou nível de atividade física (por meio de questionário), aptidão aeróbica (usando teste físico) e desempenho acadêmico (extraído através da média das notas nos registros escolares), em meninos adolescentes de 15 a 17 anos. Em contrapartida, a aptidão aeróbica obteve correlação positiva com o desempenho acadêmico. É provável que os adolescentes, quando têm mais momentos de atividade física, dediquem menos tempo aos estudos. Via de regra, sugere-se que a melhora da aptidão física está relacionada ao beneficiamento cognitivo. Porém, é necessário que sejam realizados estudos com delineamento longitudinal, para que seja mais bem esclarecida essa questão.

A associação do Índice de Massa Corporal (IMC) e desempenho acadêmico ainda permanece controversa. O estudo longitudinal de 1 ano de Suchert e colaboradores (2016) analisou possíveis associações entre aptidão cardiorrespiratória (utilizando estes físicos), nível de atividade física (por meio de questionários), IMC e desempenho acadêmico (usando as notas autorrelatadas dos alunos na escola). A maior aptidão cardiorrespiratória e a promoção de atividade física, na adolescência, foram associadas a melhores desempenhos acadêmicos, porém não houve associação com IMC. Em consonância, o estudo transversal de García-Hermoso e colaboradores (2017), com 36 870 adolescentes, concluiu que o efeito do acúmulo de gordura no desempenho acadêmico foi mediado pela força muscular

e aptidão cardiorrespiratória, mas não totalmente pelo IMC.

Sabe-se que o treino de força promove ganhos hipertróficos, logo, pode possibilitar aumento de peso e, conseqüentemente, do IMC. No entanto, isso não significa necessariamente piora de desempenho cognitivo e acadêmico, pois o treino de força também proporciona efeitos benéficos, nesse sentido, em adolescentes. É o que sugere o experimento randomizado de Harveson e colaboradores (2019), no qual jovens foram divididos, durante sete dias, em três grupos, a saber: exercício resistido, exercício aeróbico ou sem exercício. Imediatamente após cada sessão de exercício, os adolescentes realizaram testes, que avaliaram desempenho acadêmico e cognitivo. No que diz respeito à avaliação pré e pós-intervenção, o exercício resistido apresentou melhores resultados nos dois fatores avaliados; já o aeróbico obteve resultados positivos no desempenho acadêmico. Não houve diferença significativa entre as modalidades.

Portanto, parece que valores altos de peso nem sempre estão correlacionados negativamente a desempenho acadêmico e cognitivo em adolescentes, sendo mais importante a melhoria da aptidão física, como força muscular e condicionamento cardiorrespiratório. Isso corrobora os achados das recomendações realizadas por Erickson e colaboradores (2019), nos quais parece que os resultados sobre os possíveis efeitos do exercício físico na melhoria do desempenho acadêmico e cognitivo são divergentes em adolescentes.

Adultos

O sustento de um estilo de vida ativo, física e cognitivamente, aprimora a saúde e proteção cerebral. Logo, são observadas melhoras no desempenho das funções cognitivas (SMITH *et al.*, 2010). Nesse sentido, o exercício físico contempla a reserva cognitiva, principalmente quando praticado desde a idade jovem. A reserva cognitiva pode ser entendida como um mecanismo que contribui para sustentar as funções cognitivas e protegê-las contra danos encefálicos, relacionados à idade, lesões ou doenças (CHRISTIE *et al.*, 2017).

As conseqüências da prática de exercício físico, por adultos jovens saudáveis, ainda são controversas, o que pode ser justificado pelo fato de esse público estar no auge do seu desempenho cognitivo, restando pouco espaço para melhoras na cognição. O estudo de Dunsky e colaboradores (2017), por exemplo, avaliou, por meio de testes automatizados, os efeitos agudos dos treinamentos aeróbico e resistido, na atenção e funções executivas. Estas, segundo Roberto Lent (2010), são “um conjunto de operações mentais que organizam e direcionam os diversos domínios cognitivos categoriais para que funcionem de maneira biologicamente adaptativa”. Foram encontrados melhores resultados nas funções executivas para os dois grupos, porém somente os jovens que realizaram exercício aeróbico melhoraram a atenção (DUNSKY *et al.*, 2017). Já em estudo longitudinal de 28

anos, Sabia e colaboradores (2017) avaliaram o nível de atividade física e cognição, sem encontrar diferença significativa entre as funções executivas de exercitados e sedentários. Porém, nesse estudo os testes cognitivos foram realizados com papel e caneta, o que diminui a sensibilidade para rastreamento cognitivo (SOARES *et al.*, 2015). Em contraste, Chang e colaboradores (2010) conduziram um estudo por 26 anos, que foi iniciado quando os sujeitos ainda eram adultos. Aqueles que praticavam exercícios físicos apresentaram melhor desempenho nas funções executivas do que os que mantiveram estilo de vida sedentário.

O exercício físico pode provocar melhorias na memória, por mudanças na anatomia e fisiologia cerebrais. Em consonância, no estudo de Killgore e colaboradores (2013), adultos jovens saudáveis foram avaliados por meio de ressonância magnética e, os que praticavam exercício físico de forma regular, apresentaram maior volume de massa cinzenta do hipocampo (uma das principais áreas responsáveis pela memória). Todavia, logo após uma sessão de exercício, na qual os jovens foram divididos em quatro grupos (exercício leve, exercício moderado, exercício intenso e sem exercício), não houve melhora significativa, no desempenho de memória, avaliada por testes automatizados (LOPRINZI e KANE, 2015). No que diz respeito aos fatores neurotróficos, que ajudam a manter o bom funcionamento dos neurônios (LENT, 2010), há também influência pelo exercício físico. É o que sugere o estudo de Heisz e colaboradores (2018), no qual adultos jovens realizaram, durante 6 semanas, somente exercício físico ou treinamento cognitivo combinado com exercício. Ambos os grupos apresentaram melhoras na memória, com destaque para o grupo de atividades combinadas. Já em relação aos fatores neurotróficos, os indivíduos mais responsivos ao exercício (com maior aptidão física) apresentaram maiores aumentos.

Portanto, a maioria dos estudos sugere que o exercício físico pode promover melhorias no desempenho cognitivo de adultos jovens saudáveis. No entanto, como exposto aqui, alguns estudos discordam dessa ideia, fazendo com que sejam divergentes os achados sobre influências do exercício físico na cognição de adultos jovens e de meia idade. Mudanças no estilo de vida, como exercício físico, contribuem para a saúde cognitiva também em adultos de meia-idade. Corroborando essa ideia, o estudo de Marston e colaboradores (2019) realizou treinamento resistido de moderada ou alta intensidade, durante 12 semanas, com adultos de meia-idade. Ambos os grupos apresentaram melhores desempenhos de memória após o período de experimento, independente da carga de treinamento. No entanto, os mesmos autores publicaram outro estudo com o mesmo público e protocolo, avaliando os níveis de fatores neurotróficos. Não foram relatadas diferenças da linha de base para a fase pós-intervenção (MARSTON *et al.*, 2019). Rogge e colaboradores (2018) realizaram treinamento de equilíbrio ou relaxamento durante 12 semanas, com adultos saudáveis, e sugeriram que os voluntários do experimento com exercícios de equilíbrio apresentaram neuroplasticidade em regiões cerebrais associadas à localização espacial e memória. Entende-se por neuroplasticidade a capacidade de mudar

conexões cerebrais (funcional e estruturalmente) para adaptação às mudanças externas e/ou internas (LENT, 2010).

Os níveis de fatores neurotróficos podem ter relação inversa com a prática de exercício físico em jovens. Isso é sustentado pelo estudo de De La Rosa e colaboradores (2019), porém a análise neuropsicológica relatou melhorias de memória significativas, quando comparadas a jovens sedentários. Ainda, Chen e colaboradores (2019) realizaram estudo transversal com adultos de meia-idade, praticantes de diversas modalidades de exercício, como corrida, natação, basquete, dentre outras, e foram realizados testes de memória durante ressonância magnética funcional. Os achados desse estudo mostraram que os sujeitos exercitados apresentaram melhores desempenhos nos testes de memória, independente da modalidade de exercício, e maiores ativações das áreas cerebrais responsáveis pela memória, quando comparados a seus pares sedentários. Segundo a revisão sistemática de Cox e colaboradores (2016), há quantidade baixa de estudos que avaliaram a relação entre exercício físico e cognição em jovens e adultos de meia-idade, quando comparados às crianças e idosos. Assim, nos poucos estudos incluídos nessa revisão, pode-se sugerir que funções executivas, memória e velocidade de processamento são mais bem moduladas por altos níveis de atividade física em adultos jovens e de meia-idade.

Idosos

A transição demográfica referente ao envelhecimento populacional já é uma realidade no Brasil, na América Latina e no mundo. Nas últimas décadas, os brasileiros têm envelhecido mais, ao passo que o número de idosos acima de 65 anos cresceu em torno de 49,2%, e de idosos longevos a partir de 85 anos aumentou para 65%. Estima-se que até 2030 o nosso país apresente cerca de trinta milhões de idosos em seu contingente populacional (FERRI, 2012).

Essa transição gradativa não só repercute nos reajustes dos cofres públicos, mas também exige o desenvolvimento de estratégias de enfrentamento, por meio da formulação de políticas públicas desenvolvidas para tal faixa etária. Pensar na complexidade do processo de envelhecimento traz consigo desafios aos sistemas de saúde e à sociedade como um todo, de modo que não é possível pensar em longevidade sem considerarmos a vitalidade física e cognitiva. Isso sugere a adoção de estratégias e metas, baseadas em evidências científicas, fomentando a proposta de um envelhecimento ativo e bem-sucedido, que pode ser compreendido como o processo que envolve desde o engajamento social até a otimização das oportunidades de saúde, com o fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas à medida que envelhecem (OMS, 2015).

O fator idade, por si só, demonstra ser de potencial risco para o desenvolvimento de alterações cognitivas. Dentre elas, as mais frequentemente observadas são o declínio

cognitivo leve e a demência do tipo Alzheimer. Desse modo, acima dos oitenta anos de idade, aumenta em duas vezes a probabilidade de desenvolver doenças cognitivas (ASSOCIATION, 2015). Diante desse contexto, parece necessário identificar as contribuições do exercício físico, da aptidão física e da atividade física para a vitalidade e longevidade, com a manutenção da saúde cognitiva.

Sabe-se que as evidências referentes aos benefícios do exercício físico e da atividade física nas funções cognitivas de idosos são bastante extensas (KELLY *et al.*, 2014; STILLMAN *et al.*, 2016). Desse modo, tem sido demonstrado que o exercício físico traz resultados satisfatórios e com baixo custo, tanto na prevenção quanto no tratamento de doenças crônicas não transmissíveis, incluindo as demências. Pedersen e colaboradores (2011) sugerem que a atividade física desencadeia uma cascata de eventos que favorecem a proteção e tratamento contra diversas doenças, dentre elas a demência. Esses benefícios estão diretamente associados aos efeitos anti-inflamatórios promovidos pela atividade física, como a liberação de citocinas anti-inflamatórias, a redução do tecido adiposo visceral e aumento da massa muscular. Durante a atividade física, as miocinas de liberação muscular estimulam o crescimento e a hipertrofia muscular, aumentam a oxidação da gordura, bem como a sensibilidade à insulina, e induzem ações anti-inflamatórias. Portanto, a ausência de atividade física favorece processos inflamatórios, que conhecidamente estão associados no idoso de modo subclínico e potencializados em sujeitos com Alzheimer.

Do ponto de vista molecular, sabe-se que o exercício físico promove o aumento do fluxo sanguíneo e, por conseguinte, aumento da atividade metabólica e de neurotrofinas – fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF); fator de crescimento endotelial vascular (VEGF); fator de crescimento semelhante a insulina do tipo I (IGF-1), que apresenta funções neuroprotetoras, podendo modular o funcionamento cognitivo em idosos. As neurotrofinas, de modo geral, e o BDNF, em particular, demonstram estar relacionados com maior plasticidade do sistema nervoso. Esta é promovida pela proliferação de células novas, mais complexas e eficientes, melhor comunicação entre as células existentes e as novas células, e formação de novos vasos sanguíneos em diferentes estruturas do cérebro, principalmente no hipocampo – região envolvida com a formação e consolidação de novas memórias –, o que, do ponto de vista funcional, pode ser observado como aumento da eficiência neural na memória e no aprendizado (LAUENROTH *et al.*, 2016; STILLMAN *et al.*, 2016).

Em se tratando da memória do idoso, a literatura faz inferências sobre a relação entre o volume e função do hipocampo e seus consequentes desfechos na cognição desses indivíduos. Persson e colaboradores (2016) demonstraram que reduzido volume hipocampal foi associado com pior desempenho na memória episódica – que, como o próprio nome sugere, trata-se das experiências pessoais do idoso, da sua memória autobiográfica – e menor reserva cognitiva – experiências acumuladas ao longo da vida que trazem benefícios e proteção ao funcionamento cognitivo –, de modo que a memória é

dependente de um hipocampo preservado e íntegro (WHALLEY *et al.*, 2016).

Outras funções cognitivas avaliadas referem-se mais à conectividade e substância branca, como as funções de tempo de reação e tempo de movimento, em que são medidas a velocidade de resposta e de movimento após a apresentação de determinado estímulo visual. Embora pareça uma simples tarefa, ela envolve uma densa cadeia de funções frontoparietais conectadas com áreas subcorticais, que regulam desde o planejamento até a execução da ação motora (BENTO-TORRES *et al.*, 2019).

Em estudo recente, Bento-Torres e colaboradores (2019) compararam os desempenhos cognitivos de duas modalidades de exercício físico praticadas por idosos saudáveis - a hidroginástica e a musculação - com o de idosos sedentários, não praticantes de exercício físico. Os autores demonstraram que a prática regular do exercício físico trouxe benefícios à cognição dos idosos, de modo que o tempo de movimento foi melhor nos indivíduos praticantes de exercício físico, independente da modalidade. Entretanto, ao analisarem especificamente o tempo de reação, por modalidades, identificaram que o grupo que praticava hidroginástica apresentou melhores resultados, quando comparados aos do grupo de musculação, o que nos sugere que existem mecanismos diferentes para a promoção de benefícios à cognição em modalidades aeróbicas e resistidas.

De modo similar, nos estudos de Hayes e colaboradores (2015), idosos com melhor aptidão física também apresentaram melhor desempenho no tempo de reação. Demonstrou-se associação entre as variáveis e a integridade da substância branca, o que promove benefícios às redes de atenção frontoparietais, prevenindo prejuízos nos lobos frontal e temporal. Benefícios provenientes de uma melhor aptidão física e condicionamento físico estão associados à melhor perfusão cerebral, assim como melhora nas funções de atenção e memória (ERICKSON *et al.*, 2011). Além disso, o fortalecimento muscular avaliado em idosos praticantes do treinamento resistido contribuiu para melhora de funções executivas, quando comparada aos sujeitos sedentários (LOPRINZI *et al.*, 2016).

Tomados em conjunto, os resultados das evidências científicas aqui relatadas podem nos subsidiar na compreensão de que o processo neurodegenerativo durante o envelhecimento tem um impacto inicial em gradiente fronto-occipital, o que traz prejuízos à velocidade de processamento e à função executiva, ao passo que os mecanismos neuroprotetores associados ao exercício físico, à aptidão física e à atividade física parecem beneficiar o sistema nervoso central através das redes fronto-temporo-parietais. E, ainda, contribuem com o sistema nervoso periférico, responsável pela execução de movimentos (BENNET *et al.*, 2014; BENTO-TORRES *et al.*, 2019; KELLY *et al.*, 2014). Nesse sentido, do ponto de vista funcional, podemos traduzir tais benefícios às funções cognitivas em uma maior autonomia e vitalidade, promovendo o envelhecimento ativo e bem-sucedido desses idosos.

Conclusões

Diante dos diferentes contextos apresentados em diferentes faixas etárias, foi possível observar que tanto o exercício quanto a atividade e a aptidão física contribuem para um melhor desempenho das funções cognitivas em diferentes faixas etárias, desde a criança até o idoso. É fato que manter-se ativo ao longo da vida favorece esses benefícios. Como observado na tabela 1, na infância e na fase idosa, são recomendados exercícios de moderada a vigorosa intensidade, sendo que na primeira há destaque para o aeróbico. Já para os adolescentes e adultos, ainda não há evidência bem estabelecida na literatura até o momento, no entanto, os estudos caminham para uma correlação positiva também nessas fases da vida.

Diante do exposto, há de se convir que, mesmo com intervenções agudas de treinamento, é possível constatar resultados satisfatórios em diferentes domínios cognitivos. Sendo assim, recomendamos que o leitor se mantenha ativo ao longo de sua vida e, mesmo que não o tenha feito até o presente momento, a literatura aqui abordada sugere que nunca é tarde para dar o primeiro passo.

POPULAÇÃO	O QUE AS EVIDÊNCIAS SUGEREM?
Crianças	O exercício aeróbico, de moderada a vigorosa intensidade, melhora o desempenho acadêmico e cognitivo
Adolescentes	Evidências são limitadas para determinar os efeitos do exercício de moderada a vigorosa intensidade sobre a cognição
Adultos	Evidências insuficientes para determinar os efeitos do exercício de moderada a vigorosa intensidade sobre a cognição
Idosos	O exercício físico, de moderada a vigorosa intensidade, melhora o desempenho cognitivo

Tabela 1: Síntese das evidências de crianças a idosos

Fonte: Adaptada de Erickson e colaboradores (2019).

Referências

ASSOCIATION, A. S. Alzheimer's disease facts and figures. **Alzheimers Dement**, v. 11, n. 3, p. 332-84, Mar. 2015. ISSN 1552-5279.

BENNETT, I. J.; MADDEN, D. J. Disconnected aging: cerebral white matter integrity and age-related differences in cognition. **Neuroscience**. 2014; 276:187-205.

BIELAK, A. A. *et al.* Preserved differentiation between physical activity and cognitive performance across young, middle, and older adulthood over 8 years. **J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci**, v. 69, n. 4, p. 523-32, Jul 2014. ISSN 1758-5368.

CHANG, M.; JONSSON, P. V.; SNAEDAL, J.; BJORNSSON, S. *et al.* The effect of midlife physical activity on cognitive function among older adults: AGES--Reykjavik Study. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, 65, n. 12, p. 1369-1374, Dec 2010.

CHEN, F. T.; CHEN, Y. P.; SCHNEIDER, S.; KAO, S. C. *et al.* Effects of Exercise Modes on Neural Processing of Working Memory in Late Middle-Aged Adults: An fMRI Study. **Front Aging Neurosci**, 11, p. 224, 2019.

CHEN, L. J. *et al.* Fitness change and subsequent academic performance in adolescents. **J Sch Health**, v. 83, n. 9, p. 631-8, Sep. 2013. ISSN 1746-1561.

CHENG, S. T. Cognitive Reserve and the Prevention of Dementia: the Role of Physical and Cognitive Activities. **Current Psychiatry Reports**, 18(9). 2016. <https://doi.org/10.1007/s11920-016-0721-2>

CHRISTIE, G. J.; HAMILTON, T.; MANOR, B. D.; FARB, N. A. S. *et al.* Do Lifestyle Activities Protect Against Cognitive Decline in Aging? A Review. **Front Aging Neurosci**, 9, p. 381, 2017.

COX, E. P.; O'DWYER, N.; COOK, R.; VETTER, M. *et al.* Relationship between physical activity and cognitive function in apparently healthy young to middle-aged adults: A systematic review. **J Sci Med Sport**, 19, n. 8, p. 616-628, Aug. 2016.

DAVIS, C. L.; TOMPOROWSKI, P. D.; MCDOWELL, J. E. *et al.* Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized Controlled Trial. **American Psychological Association**. 2011;30(1):91-98.

DAVIS, J. C. *et al.* Consensus statement from the first Economics of Physical Inactivity Consensus (EPIC) conference (Vancouver). **Br J Sports Med**, v. 48, n. 12, p. 947-51, Jun. 2014. ISSN 1473-0480.

DE GREEFF, J. W.; BOSKER, R. J.; OOSTERLAAN, J.; VISSCHER, C.; HARTMAN, E. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. **J Sci Med Sport**. 2018;21(5):501-7.

DE LA ROSA, A.; SOLANA, E.; CORPAS, R.; BARTRÉS-FAZ, D. *et al.* Long-term exercise training improves memory in middle-aged men and modulates peripheral levels of BDNF and Cathepsin B. **Sci Rep**, 9, n. 1, p. 3337, Mar. 2019.

DUNSKY, A.; ABU-RUKUN, M.; TSUK, S.; DWOLATZKY, T. *et al.* The effects of a resistance vs. an aerobic single session on attention and executive functioning in adults. **PLoS One**, 12, n. 4, p. e0176092, 2017.

ERICKSON, K. I.; HILLMAN, C.; STILLMAN, C. M. *et al.* Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Vol. 51, No. 6, pp. 1242-1251, 2019.

GARCÍA-HERMOSO, A.; ESTEBAN-CORNEJO, I.; OLLOQUEQUI, J.; RAMÍREZ-VÉLEZ, R. Cardiorespiratory Fitness and Muscular Strength as Mediators of the Influence of Fatness on Academic Achievement. **J Pediatr**, 187, p. 127-133.e123, 08 2017.

ERICKSON, K. I. *et al.* Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 108, n. 7, p. 3017-22, Feb. 2011.

ERICKSON, K. I., HILLMAN, C.; STILLMAN, C. M. *et al.* Physical activity guidelines advisory committee. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. **Med. Sci. Sports Exerc.** Vol. 51, No. 6, pp. 1242-1251, 2019.

FERRI, C. Envelhecimento populacional na América Latina: demência e transtornos relacionados. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 34, n. 4, p. 4, 2012.

HARVESON, A. T.; HANNON, J. C.; BRUSSEAU, T. A.; PODLOG, L. *et al.* Acute Exercise and Academic Achievement in Middle School Students. **Int J Environ Res Public Health**, 16, n. 19, Sep. 2019.

HAYES, S. M. *et al.* Cardiorespiratory fitness is associated with white matter integrity in aging. **Ann Clin Transl Neurol**, v. 2, n. 6, p. 688-98, Jun. 2015. ISSN 2328-9503.

HEISZ, J. J.; CLARK, I. B.; BONIN, K.; PAOLUCCI, E. M. *et al.* The Effects of Physical Exercise and Cognitive Training on Memory and Neurotrophic Factors. **J Cogn Neurosci**, 29, n. 11, p. 1895-1907, Nov. 2017a.

HEISZ, J. J.; CLARK, I. B.; BONIN, K.; PAOLUCCI, E. M. *et al.* The Effects of Physical Exercise and Cognitive Training on Memory and Neurotrophic Factors. **J Cogn Neurosci**, 29, n. 11, p. 1895-1907, Nov 2017b.

HERTING, M. M.; CHU, X. Exercise, cognition, and the adolescent brain. **Birth Defects Res**, 109, n. 20, p. 1672-1679, Dec 2017.

JACKSON, J. D.; BALOTA, D. A.; DUCHEK, J. M.; HEAD, D. White matter integrity and reaction time intraindividual variability in healthy aging and early-stage Alzheimer disease. **Neuropsychology**. 2012; 50(3):357-66.

KALANTARI, H. A.; ESMAEILZADEH, S. Association between academic achievement and physical status including physical activity, aerobic and muscular fitness tests in adolescent boys. **Environ Health Prev Med**, 21, n. 1, p. 27-33, Jan. 2016.

KELLY, M. E. *et al.* The impact of exercise on the cognitive functioning of healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. **Ageing Res Rev**, v. 16, p. 12-31, Jul. 2014. ISSN 1872-9649.

KILLGORE, W. D.; OLSON, E. A.; WEBER, M. Physical exercise habits correlate with gray matter volume of the hippocampus in healthy adult humans. **Sci Rep**, 3, p. 3457, Dec. 2013.

LANGNER, R.; EICKHOFF, S. B. Sustaining attention to simple tasks: a meta-analytic review of the neural mechanisms of vigilant attention. **Psychol Bull**, v. 139, n. 4, p. 870-900, Jul 2013. ISSN 1939-1455.

LAUENROTH, A.; IOANNIDIS, A. E.; & TEICHMANN, B. Influence of combined physical and cognitive training on cognition: A systematic review. **BMC Geriatrics**, 16(1), 21–23.2016.

LAUTENSCHLAGER, N. T.; ANSTEY, K. J.; KURZ, A. F. Non-pharmacological strategies to delay cognitive decline. **Maturitas**, v. 79, n. 2, p. 170-3, Oct. 2014. ISSN 1873-4111.

LOPRINZI, P. D. Epidemiological investigation of muscle-strengthening activities and cognitive function among older adults. **Chronic Illn**. 2016; 12 (2):157-62.

LOPRINZI, P. D.; KANE, C. J. Exercise and cognitive function: a randomized controlled trial examining acute exercise and free-living physical activity and sedentary effects. **Mayo Clin Proc**, 90, n. 4, p. 450-460, Apr. 2015.

- MARSTON, K. J.; BROWN, B. M.; RAINEY-SMITH, S. R.; BIRD, S. *et al.* Twelve weeks of resistance training does not influence peripheral levels of neurotrophic growth factors or homocysteine in healthy adults: a randomized-controlled trial. **Eur J Appl Physiol**, 119, n. 10, p. 2167-2176, Oct. 2019.
- MARSTON, K. J.; PEIFFER, J. J.; RAINEY-SMITH, S. R.; GORDON, N. *et al.* Resistance training enhances delayed memory in healthy middle-aged and older adults: A randomised controlled trial. **J Sci Med Sport**, 22, n. 11, p. 1226-1231, Nov. 2019.
- MEZCUA-HIDALGO, A.; RUIZ-ARIZA, A.; SUÁREZ-MANZANO, S.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, E. J. 48-Hour Effects of Monitored Cooperative High-Intensity Interval Training on Adolescent Cognitive Functioning. **Percept Mot Skills**, 126, n. 2, p. 202-222, Apr. 2019.
- PEDERSEN, B. K. Exercise-induced myokines and their role in chronic diseases. **Brain Behav Immun**, v. 25, n. 5, p. 811-6, Jul. 2011. ISSN 1090-2139.
- PRAKASH, R. S. *et al.* Physical activity and cognitive vitality. **Annu Rev Psychol**, v. 66, p. 769-97, Jan. 2015. ISSN 1545-2085.
- ROGGE, A. K.; RÖDER, B.; ZECH, A.; HÖTTING, K. Exercise-induced neuroplasticity: Balance training increases cortical thickness in visual and vestibular cortical regions. **Neuroimage**, 179, p. 471-479, 10 2018.
- SABIA, S.; DUGRAVOT, A.; DARTIGUES, J. F.; ABELL, J. *et al.* Physical activity, cognitive decline, and risk of dementia: 28 year follow-up of Whitehall II cohort study. **BMJ**, 357, p. j2709, Jun. 2017.
- SMITH, P. J.; BLUMENTHAL, J. A.; HOFFMAN, B. M.; COOPER, H. *et al.* Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. **Psychosom Med**, 72, n. 3, p. 239-252, Apr. 2010.
- SOARES, F. C.; OLIVEIRA, T. C. de; MACEDO, L. D. de; TOMÁS, A. M. *et al.* CANTAB object recognition and language tests to detect aging cognitive decline: an exploratory comparative study. **Clin Interv Aging**, 10, p. 37-48, 2015.
- STILLMAN, C. M.; COHEN, J.; LEHMAN, M. E.; ERICKSON, K. I.; & STILLMAN, C. M. (2016). Mediators of Physical Activity on Neurocognitive Function: A Review at Multiple Levels of Analysis, **Frontiers in Human Neuroscience**. 10 (December), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00626>
- SUCHERT, V.; HANEWINKEL, R.; ISENSEE, B. Longitudinal Relationships of Fitness, Physical Activity, and Weight Status With Academic Achievement in Adolescents. **J Sch Health**, 86, n. 10, p. 734-741, 10 2016.
- VANNORS DALL, T. D. *et al.* Ideational fluency as a domain of human cognition. **Neuropsychology**, v. 26, n. 3, p. 400-5, May 2012. ISSN 1931-1559.
- VOSS, M. W. *et al.* The influence of aerobic fitness on cerebral white matter integrity and cognitive function in older adults: results of a one-year exercise intervention. **Hum Brain Mapp**, v. 34, n. 11, p. 2972-85, Nov. 2013. ISSN 1097-0193.
- ZANCHI, D.; MONTANDON, M. L.; SINANAJ, I.; RODRIGUEZ, C.; DEPOORTER, A.; HERRMANN, F. R. *et al.* Decreased Fronto-Parietal and Increased Default Mode Network Activation is Associated with Subtle Cognitive Deficits in Elderly Controls. **Neurosignals**. 2017;25(1):127-38.