

Interações entre sono, atividade física e funções executivas

Interactions between sleep, physical activity and executive functions

Interacciones entre sueño, actividad física y funciones ejecutivas

Elbert Wander Cantão¹, Allan Filipe da Silveira Barros², Herbert Gustavo Simões³, Jonato Prestes⁴, Marcos Gonçalves de Santana⁵, Gislane Ferreira de Melo⁶, Patrício Lopes de Araújo Leite⁷, Larissa Alves Maciel⁸, Isabela Almeida Ramos⁹

1. Professor de Educação Física. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (PPGEF-UCB). Brasília-DF, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3756-7652>

2. Professor de Educação Física. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (PPGEF-UCB). Brasília-DF, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-0231-5479>

3. Professor de Educação Física, Doutor. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (PPGEF-UCB). Brasília-DF, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2378-4026>

4. Professor de Educação Física, Doutor. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (PPGEF-UCB). Brasília-DF, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0399-8817>

5. Professor Associado da Unidade Acadêmica de Ciências da Saúde e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde da Universidade Federal de Jataí (UFJ). Jataí-GO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7674-3263>

6. Professora de Educação Física, Doutora. Docente e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (PPGEF-UCB). Brasília-DF, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3551-5963>

7. Professor de Educação Física. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (PPGEF-UCB). Brasília-DF, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9970-5868>

8. Professora de Educação Física e Psicóloga. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (PPGEF-UCB). Brasília-DF, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0743-1746>

9. Professora de Educação Física, Doutora. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (PPGEF-UCB). Brasília-DF, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3651-9966>

Resumo

Introdução. A relação entre o sono e as funções executivas têm sido amplamente investigada, especialmente no contexto esportivo, onde fatores como atenção, memória de trabalho e tomada de decisão são essenciais. **Objetivo.** Revisar as evidências sobre a influência do sono e do exercício físico nas funções executivas de atletas e praticantes de atividades físicas.

Método. Foi realizada uma revisão narrativa da literatura, abrangendo publicações de 2000 a 2024, nas bases SciELO, PubMed e Google Scholar, com foco em artigos nos idiomas português e inglês. **Resultados.** Os resultados indicam que o sono de qualidade desempenha um papel crucial no desempenho cognitivo e motor, promovendo a consolidação da memória e a recuperação física. Em contrapartida, a privação do sono afeta negativamente o tempo de reação, a atenção sustentada e o desempenho motor. Além disso, o exercício físico regular, especialmente aeróbico, contribui para melhorias nas funções cognitivas, aumentando a neuroplasticidade e a conectividade neuronal. **Conclusão.** A interação entre sono adequado e prática de exercício físico otimiza o desempenho das funções executivas, sugerindo a necessidade de abordagens integradas para melhorar o rendimento esportivo e a saúde geral.

Unitermos. Cognição; desempenho cognitivo; qualidade de sono; recuperação; exercício físico; neuroplasticidade

Abstract

Introduction. The relationship between sleep and executive functions has been widely investigated, especially in the sports context, where factors such as attention, working memory, and decision-making are essential. **Objective.** To review the evidence on the influence of sleep and physical exercise on the executive functions of athletes and physically active individuals. **Method.** A narrative literature review was conducted, covering publications from 2000 to 2024, using SciELO, PubMed, and Google Scholar databases, focusing on articles in Portuguese and English. **Results.** The findings indicate that quality sleep plays a crucial role in cognitive and motor performance, promoting memory consolidation and physical recovery. In contrast, sleep deprivation negatively impacts reaction time, sustained attention, and motor performance. Furthermore, regular physical exercise, especially aerobic exercise, contributes to cognitive function improvements by enhancing neuroplasticity and neuronal connectivity. **Conclusion.** The interaction between adequate sleep and regular physical exercise optimizes executive function performance, highlighting the need for integrated approaches to improve sports performance and overall health.

Keywords. Cognition; cognitive performance; sleep quality; recovery; physical exercise; neuroplasticity

Resumen

Introducción. La relación entre el sueño y las funciones ejecutivas ha sido ampliamente investigada, especialmente en el contexto deportivo, donde factores como la atención, la memoria de trabajo y la toma de decisiones son esenciales. **Objetivo.** Revisar la evidencia sobre la influencia del sueño y el ejercicio físico en las funciones ejecutivas de atletas y personas físicamente activas. **Método.** Se realizó una revisión narrativa de la literatura, abarcando publicaciones de 2000 a 2024, utilizando las bases de datos SciELO, PubMed y Google Scholar, enfocándose en artículos en portugués e inglés. **Resultados.** Los hallazgos indican que el sueño de calidad desempeña un papel crucial en el rendimiento cognitivo y motor, promoviendo la consolidación de la memoria y la recuperación física. Por otro lado, la privación del sueño afecta negativamente el tiempo de reacción, la atención sostenida y el rendimiento motor. Además, el ejercicio físico regular, especialmente el ejercicio aeróbico, contribuye a la mejora de las funciones cognitivas al aumentar la neuroplasticidad y la conectividad neuronal. **Conclusión.** La interacción entre un sueño adecuado y la práctica regular de ejercicio físico optimiza el rendimiento de las funciones ejecutivas, sugiriendo la necesidad de enfoques integrados para mejorar el rendimiento deportivo y la salud en general.

Palabras clave. Cognición; rendimiento cognitivo; calidad del sueño; recuperación; ejercicio físico; neuroplasticidad.

Trabalho realizado na Universidade Católica de Brasília (UCB). Brasília-DF, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 08/11/2024

Aceito em: 23/12/2024

Endereço de correspondência: Elbert Cantão. Brasília-DF, Brasil. Email: elbertcantao@gmail.com

INTRODUÇÃO

O sono é uma condição fisiológica natural e periódica de atividade cerebral, caracterizada por alterações no estado de consciência e por uma redução na sensibilidade aos estímulos ambientais, acompanhada de características motoras e posturais específicas^{1,2}. O sono constitui um estado comportamental complexo, no qual há uma postura

relaxada, ausência ou diminuição de atividade motora, e um alto limiar de resposta a estímulos externos. A vigília, por outro lado, é o estado ordinário de consciência, complementar ao sono, caracterizado por elevada atividade motora, alta responsividade, e um ambiente neuroquímico favorável ao processamento de informações e à interação com o ambiente³. Embora a função do sono ainda não seja completamente elucidada, acredita-se que uma de suas principais funções seja restaurar os centros neuronais, restabelecendo o equilíbrio. As hipóteses atuais sugerem que o sono pode desempenhar papéis na maturação neural, facilitação da aprendizagem e memória. Ademais, pode eliminar informações desnecessárias, depurar resíduos metabólicos gerados pela atividade cerebral durante a vigília e conservar energia metabólica⁴.

As funções executivas consistem em um conjunto de processos mentais que possibilitam a regulação de pensamentos e ações em comportamentos orientados por objetivos⁵. Elas são responsáveis por monitorar e controlar os mecanismos que utilizam a informação⁶. As funções executivas podem ser divididas em três capacidades principais: inibição ou controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva^{7,8}. A inibição está relacionada ao controle da atenção e do comportamento, prevenindo a influência de estímulos irrelevantes, o que permite resistir a distrações^{5,9}. A memória de trabalho possibilita a retenção de informações para operações cognitivas, facilitando sua integração e resposta

apropriada¹⁰. Ela é subdividida em dois tipos: verbal e não verbal (visual-espacial)¹¹. A flexibilidade cognitiva é a capacidade de ajustar o comportamento conforme mudanças ambientais, interagindo com os demais componentes das funções executivas para responder a novas demandas^{10,12}.

No momento em que pensamos em movimento, todo e qualquer movimento corporal produzido pela musculatura esquelética é caracterizado como atividade física. Quando existe um planejamento e ela é praticada de forma constante e intencional, ela passa a ser denominada exercício físico. Os exercícios físicos podem ser divididos em aeróbios, que tem como características, baixa ou média intensidade por um período mais prolongado e os anaeróbios, que por sua vez, possuem característica intermitente¹³.

Quando analisamos todas essas variáveis, pesquisas indicam que, levando em consideração o estilo de vida, a inatividade física e o sono ruim são os principais fatores de risco para o declínio cognitivo. Um maior nível de atividade física está associado a uma redução, em média, de 20% no risco de demência e de 35% no risco de declínio cognitivo^{14,15}. De forma semelhante, pessoas que tem uma má qualidade de sono, possuem risco 1,65 vezes maior de desenvolver declínio cognitivo e risco 1,55 vezes maior de desenvolver doença de Alzheimer sintomática¹⁶. O sono ruim também está associado a um risco maior de acúmulo de biomarcadores (A β -amiloide, A β e tau) de doença de Alzheimer¹⁶, enquanto níveis mais altos de atividade física

estão associados a níveis mais baixos desses biomarcadores¹⁷.

Dessa forma, percebe-se uma possível associação entre as variáveis, haja visto que o sono está associado à melhor função cognitiva ao longo da vida^{14,18} e um maior volume de atividade física está associado a uma melhor qualidade do sono^{14,19}. Dadas essas associações, pode-se levantar a hipótese de que o sono e a atividade física interagem para influenciar a função cognitiva. Sendo assim, o objetivo principal desta revisão é verificar como o sono e o exercício físico influenciam nas funções executivas.

MÉTODO

A revisão narrativa foi adotada para atingir os objetivos do estudo, fornecendo uma síntese do conhecimento disponível na literatura sobre o tema. Esse método permite destacar os principais achados de cada autor de forma concisa, possibilitando uma discussão ampliada sobre o tópico²⁰. A busca bibliográfica foi realizada entre setembro e novembro de 2024, nas bases SciELO, PubMed e *Google Scholar*, incluindo publicações de 2000 a 2024 em português e inglês. A pesquisa seguiu a pergunta central: Como a qualidade do sono e o exercício físico podem influenciar as funções executivas? As buscas foram realizadas em pesquisa avançada com os operadores booleanos que combinaram utilizando as palavras-chave, nas respectivas línguas: *executive functions OR cognitive functions AND sleep OR sleep quality AND physical exercise OR physical activity* e

funções executivas OU funções cognitivas E sono OU qualidade do sono E exercício físico OU atividade física. Os estudos incluídos nesta revisão foram selecionados com base nos seguintes critérios: (a) artigos originais publicados em revistas científicas revisadas por pares, (b) estudos disponíveis em inglês e português e (c) pesquisas que abordassem diretamente uma possível relação entre qualidade do sono, exercício físico e funções cognitivas. Foram excluídos estudos duplicados, artigos de opinião e aqueles cujo texto completo não estivesse disponível.

Este estudo trata-se de uma revisão narrativa da literatura e não envolveu coleta de dados de seres humanos ou animais. Assim, de acordo com a Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), o presente trabalho está dispensado de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa.

RESULTADOS e DISCUSSÃO

Definição de sono e seus estágios

O sono é caracterizado por uma alternância cíclica entre as fases de movimento rápido dos olhos (REM) e sem movimento rápido dos olhos (NREM). A vigília, considerada o estágio inicial do sono, precede os estágios NREM, que são divididos em N1, N2 e N3, com profundidade crescente. Cada fase envolve variações no tônus muscular, nas ondas cerebrais e nos movimentos oculares^{4,21}. Durante uma noite, o corpo atravessa esses ciclos entre 4 e 6 vezes, com cada

ciclo durando cerca de 90 minutos⁴. As características de cada estágio são:

O estágio 1 (N1) é a transição entre vigília e sono, considerado leve. No eletroencefalograma (EEG), observa-se a presença de ondas teta de baixa tensão, com substituição de mais de 50% das ondas alfa por atividade de baixa amplitude (LAMF). Ainda há tônus muscular esquelético e a respiração mantém ritmo regular, correspondendo a 5% do sono total⁴.

O estágio 2 (N2) representa um sono mais profundo, com redução da frequência cardíaca e temperatura corporal. O EEG apresenta fusos do sono e complexos K, que auxiliam na consolidação da memória. Esse estágio compreende cerca de 45% do tempo de sono e é onde ocorre o bruxismo⁴.

O estágio 3 (N3), ou sono de ondas lentas (SWS), é o mais profundo, caracterizado por ondas delta de baixa frequência e alta amplitude no EEG. Corresponde a 25% do sono e é associado à regeneração tecidual e fortalecimento imunológico⁴.

O sono REM, relacionado aos sonhos, ocorre 90 minutos após o início do sono, correspondendo a 25% do total. Durante essa fase, o cérebro torna-se altamente ativo, aumentando o metabolismo em até 20%. O tempo gasto em cada estágio do sono muda conforme envelhecemos. Existe uma tendência de que a quantidade de sono diminua com o avanço da idade⁴.

Qualidade do sono

Embora ainda não exista uma definição conceitual totalmente clara, o termo "qualidade do sono" é amplamente utilizado por pesquisadores, clínicos e pela população em geral²². A qualidade do sono pode ser vista de forma ampla, envolvendo várias medidas, como latência, eficiência e ausência de distúrbios²³. Uma boa qualidade do sono é considerada um preditor de saúde física e mental, bem-estar e vitalidade^{22,24}. Em contrapartida, a má qualidade do sono está associada a condições físicas, como hipertensão, diabetes tipo 2, alterações hormonais e aumento do índice de massa corporal²⁵⁻²⁸. Também impacta negativamente a saúde psicológica, elevando níveis de ansiedade, depressão e déficits cognitivos²⁹⁻³¹.

Sono e exercício físico

Há evidências de que um sono melhor está associado a maior vontade e capacidade de praticar exercícios³². Melhor saúde e menos estresse estão associados a um melhor sono, consequentemente levando a maior capacidade ou vontade de se exercitar. Além disso, indivíduos que exercitam tendem a ter outros comportamentos saudáveis associados que melhoram o sono, como melhor alimentação, não fumar e menor consumo de álcool e cafeína.

Estudos propõem o exercício físico como um tratamento não farmacológico para distúrbios do sono, tendo como características a segurança, baixo custo e fácil acessibilidade^{33,34}. Além disso, o exercício com

características mente-corpo, que é caracterizado por movimentos suaves e lentos com coordenação do corpo e da respiração, também promove melhorias gerais na qualidade do sono³⁵.

Os principais mecanismos que explicam como o exercício pode promover o sono são³²:

- Redução da ansiedade: estímulos que reduzem a ansiedade podem promover o sono. O exercício agudo reduz o estado de ansiedade e o exercício crônico resulta em reduções estáveis nos traços de ansiedade.

- Efeitos antidepressivos: sono perturbado desenvolve depressão e é uma consequência comum na depressão. O exercício crônico promoveria o sono através de seus efeitos antidepressivos já bem estabelecidos e estudados.

- Efeito termorregulador: aumentos no sono de ondas lentas (SWS) são mediados pela elevação da temperatura. O exercício crônico seria capaz de promover o início do sono, regulando a temperatura de forma mais eficiente, o que, normalmente, precipita o sono.

- Efeito de mudança de fase circadiana: o exercício pode alterar o sistema circadiano. Ele pode atrasar o sistema circadiano quando realizado a noite, atrasando o momento de temperatura corporal mínima. Exercícios de intensidade baixa-moderada e os de intensidade moderada-alta promoveram efeitos de mudança de fase equivalentes ao período de 1 a 3 horas de luz brilhante sob condições de rotina constantes.

Sono e atletas de alto rendimento

A literatura demonstra que, geralmente, atletas dormem menos que o necessário. Um estudo avaliou o ciclo preparatório para os Jogos Olímpicos Rio 2016 de 146 atletas de elite da Seleção Brasileira Olímpica de esportes individuais³⁶. Após uma avaliação clínica, os atletas realizaram a polissonografia onde constaram que 36% dos atletas apresentavam algum tipo de distúrbio do sono. As queixas de sono predominantes foram: acordar cansado, sono insuficiente, ronco, insônia e sonolência diurna excessiva. Um outro estudo aplicou o questionário *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI) para avaliar a qualidade do sono em 175 atletas de Jiu-Jitsu³⁷. Os atletas foram divididos em categorias de peso e cor da faixa. O estudo concluiu que a qualidade do sono dos atletas de Jiu-Jitsu é ruim, o que pode levar ao baixo rendimento e desempenho técnico e físico. Corroborando com esses achados, um recente estudo mostrou uma possível associação entre a má qualidade de sono e sintomas de ansiedade e estresse em praticantes de Jiu-Jitsu³⁸. Desta forma, a literatura sugere que atletas de alto rendimento podem enfrentar problemas relacionados a qualidade de sono, o que pode interferir no rendimento esportivo.

Além disso, ambientes de competição podem ser prejudiciais ao sono³⁹. O sono de um atleta pode ser significativamente interrompido antes de um evento competitivo pelo aumento dos níveis de ansiedade. Um outro estudo mostrou que 79% dos atletas relatam problemas para

adormecer e 43% acordam mais cedo, sem necessidade, na manhã da competição⁴⁰. Além disso, alguns atletas relataram a dificuldade em superar a ansiedade pré-competição como motivo da diminuição da quantidade de sono^{40,41}, além de relatar o medo de que o sono ruim tenha um efeito negativo com impacto em seu desempenho⁴². Uma revisão identificou três fatores de risco para distúrbios do sono em atletas de elite: treinamento (duração e intensidade), viagem (distância, frequência e fuso horário) e competição (carga física e pressão psicológica)⁴³.

Sono e funções executivas

A privação de sono por apenas uma noite impacta vários aspectos das funções executivas, como atenção sustentada, tempo de reação e memória de trabalho, além de outros domínios cognitivos, incluindo a consolidação da memória episódica e processual. Os déficits observados no desempenho motor, decorrentes da privação do sono, são comparáveis aos causados por níveis de álcool no sangue entre 0,05% e 0,1%, demonstrando a severidade dos efeitos da privação de sono sobre as capacidades cognitivas e motoras⁴⁴⁻⁴⁶.

Um estudo longitudinal acompanhou 100 participantes durante 4 anos através de uma combinação de medição de EEG e sono autorrelatado e mostrou que a piora da cognição ao longo do tempo estava associada a durações de sono curtas e longas, semelhante a outros estudos transversais⁴⁷. Em outro estudo, um padrão foi identificado na forma do 'U'

invertido, entre a duração do sono autorrelatada e a função executiva com desempenho cada vez pior com menos e mais sono em torno de uma linha de base de 7–8h⁴⁶.

Exercício e funções executivas

Os mecanismos que conectam o exercício físico à função cognitiva podem ser classificados em duas categorias principais: fisiológicas e aprendidas⁴⁸. Fisiologicamente, o exercício aeróbico aumenta a atividade neuronal, melhora a sinalização neurotrófica e favorece a neuroplasticidade^{48,49}. Além disso, atividades físicas aumentam a excitação fisiológica em crianças e adolescentes, promovendo maior fluxo sanguíneo cerebral e conectividade neuronal, o que resulta em melhor processamento cognitivo^{48,49}. Intervenções prolongadas com exercícios aeróbicos criam um ambiente cerebral que favorece o desenvolvimento cognitivo, beneficiando especialmente crianças com TDAH, ao melhorar funções sinápticas, neurogliais e vasculares⁵⁰.

Os mecanismos de aprendizagem relacionados ao exercício concentram-se na demanda cognitiva envolvida na aquisição de habilidades motoras e na coordenação de movimentos complexos, o que melhora a tomada de decisões e a flexibilidade comportamental^{51,52}. A combinação desses mecanismos com o treinamento aeróbico pode impactar significativamente o desenvolvimento de funções cognitivas, sobretudo o funcionamento executivo^{52,53}. Além disso, atividades progressivamente mais desafiadoras, que estimulem o interesse e a motivação em crianças e

adolescentes, contribuem para o desenvolvimento emocional, social e de caráter, promovendo um crescimento integral^{52,54}.

Os mecanismos relacionados à aprendizagem concentram-se na demanda cognitiva exigida durante o aprendizado de habilidades motoras e na coordenação de movimentos complexos, o que aprimora a tomada de decisões e a flexibilidade comportamental diante de diferentes demandas^{51,52}. A combinação desses fatores com o treinamento aeróbico pode potencializar o desenvolvimento cognitivo, sobretudo no funcionamento executivo^{48,52,53}. Além disso, é essencial incluir atividades que favoreçam o desenvolvimento emocional, social e de caráter, proporcionando desafios progressivos que estimulem o interesse e a motivação das crianças e adolescentes, fases ideais para o aprendizado esportivo, promovendo um crescimento mais completo e equilibrado^{48,51}.

Já o treinamento de força pode promover não somente melhorias nos níveis de força e hipertrofia muscular, mas também em funções executivas dos seus praticantes^{55,56}. Um estudo comparou dois tipos de treinamento de exercícios (força e aeróbico) no processamento cognitivo em pessoas idosas e após 9 semanas, mostrou melhora nos testes de processamento de informação e na cognição, não havendo diferença entre os dois tipos de exercício⁵⁵. Um outro estudo analisando dois tipos de treinamento sobre as funções executivas, sendo um grupo visando coordenação

neuromuscular, equilíbrio, agilidade e outro de treinamento de força tradicional, observou-se melhora do perfil cognitivo independentemente do tipo de treinamento, entretanto os ganhos de força no grupo de TF tradicional pareceu afetar de forma indireta a inibição ou controle inibitório⁵⁷.

Em um ensaio clínico randomizado controlado de 12 meses foi avaliado 155 mulheres idosas (65 a 75 anos) com treinamento de força uma vez por semana, duas vezes por semana e uma outra atividade que visava equilíbrio e tônus (yoga) nos parâmetros de funções executivas em testes como *Stroop* (teste de atenção seletiva e resolução de conflitos). Verificou-se que o grupo de treinamento de resistência melhorou nos testes de atenção seletiva. Os autores concluíram que o treinamento de resistência durante o período do estudo beneficiou as funções executivas em mulheres idosas⁵⁸.

Tratando mais precisamente na dose do treinamento de força, sendo este de alta ou moderada intensidade, outro estudo observou que tanto o treinamento de moderada ou alta intensidade produziram efeitos benéficos sobre as funções executivas⁵⁶. Os mecanismos que podem elucidar esses resultados positivos do treinamento de força nas funções executivas são possíveis mudanças neurobiológicas como alterações no fluxo sanguíneo cerebral, funcionamento do neurotransmissor ou aumento da complexidade celular, podendo ocorrer em diferentes regiões do cérebro e contribuir para a integridade do sistema nervoso central (SNC)^{55,56}.

Revisões sistemáticas e meta-análises já investigaram os efeitos de intervenções da atividade física aguda e crônica sobre os resultados cognitivos em crianças e adolescentes, demonstrando benefícios em diversas habilidades cognitivas, como velocidade de processamento, atenção e linguagem. Esses estudos, focados principalmente em atividades físicas, indicam melhorias pequenas a moderadas na função executiva geral ou, pelo menos, em alguns de seus domínios específicos. Tais achados reforçam o papel positivo da atividade física no desenvolvimento cognitivo infantil e juvenil⁵⁹⁻⁶².

Um estudo de revisão investigou a associação entre sono, atividade física e cognição usando várias abordagens e com diferentes hipóteses sobre essas relações¹⁴. Os autores citam três diferentes possibilidades: 1) relações independentes entre atividade física e sono, e atividade física e cognição; 2) interação entre sono e atividade física e como isso afeta a cognição; 3) como a atividade física pode melhorar a cognição através da melhora do sono.

Um outro estudo demonstrou que a atividade física pode estar associada a uma melhor cognição global e uma maior eficiência objetiva do sono pode estar associada a melhor cognição global⁶³. A atividade física pode melhorar a cognição por meio da neurogênese, angiogênese, aumento da conectividade funcional, aumento dos fatores de crescimento, aumento do fluxo sanguíneo cerebral, mudanças na estrutura cerebral, redução do acúmulo de neuropatologia cerebral, redução da inflamação e mudanças

nos neurotransmissores. Por exemplo, a atividade física pode aumentar os níveis de neurotransmissores (Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro - BDNF) e o fator de crescimento semelhante à insulina (IGF), que podem aumentar a plasticidade no hipocampo e melhorar a memória^{63,64}. Já a relação entre sono e cognição é explicada parcialmente por outros neurotransmissores, como a acetilcolina. Níveis aumentados desse neurotransmissor estão associados a melhorias tanto no sono quanto na função cognitiva^{63,65,66}.

Outros estudos apoiam a hipótese de que o exercício pode influenciar a associação entre sono e função cognitiva, influenciando na arquitetura do sono^{63,67}. Assim, essas informações apoiam a hipótese que o exercício melhora a função cognitiva através da melhora do sono, ou seja, através de uma possível mediação. E em outro estudo⁶⁸ foi demonstrado que o efeito de mediação não foi moderado pela idade, indicando uma ligação entre atividade física, eficiência do sono e função executiva que está presente independentemente da idade. Isso sugere, de forma interessante, que a atividade física pode ser eficaz para melhorar o sono e a cognição ao longo da vida.

CONCLUSÕES

O presente estudo revisou de forma abrangente as interações entre sono, atividade física e funções executivas, demonstrando que esses fatores estão intimamente conectados e influenciam significativamente o desempenho

cognitivo e esportivo. A análise dos dados sugere que a qualidade do sono e a prática regular de exercício físico são elementos fundamentais para o desenvolvimento e a manutenção das funções executivas, especialmente em atletas e indivíduos que se dedicam a atividades físicas intensas.

No contexto das funções executivas, o sono de qualidade exerce papel crucial na consolidação da memória, no processamento de informações e na capacidade de inibição, aspectos centrais para o desempenho esportivo e para a tomada de decisões rápidas e precisas em contextos de alta demanda cognitiva. Além disso, as diferentes fases do sono, como o sono REM e NREM, contribuem de forma diferenciada para a recuperação física, o fortalecimento do sistema imunológico e a regulação do tônus muscular, o que também impacta diretamente a performance atlética.

A prática de exercícios físicos, por sua vez, promove não apenas benefícios à saúde física, mas também melhora a plasticidade cerebral e a conectividade neuronal. Estudos indicam que o exercício físico estimula a neurogênese e aumenta a perfusão sanguínea cerebral, resultando em melhorias nas funções cognitivas, como a flexibilidade cognitiva e a memória de trabalho. Observou-se que intervenções prolongadas de exercícios aeróbios criam um ambiente cerebral propício ao desenvolvimento cognitivo, especialmente em crianças, adolescentes e indivíduos com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH).

O impacto da privação do sono, por outro lado, foi evidenciado em diversas pesquisas revisadas, mostrando que uma única noite de sono insuficiente pode comprometer funções executivas essenciais, como o tempo de reação e a atenção sustentada. Esse efeito é comparável aos prejuízos observados em indivíduos com níveis moderados de intoxicação por álcool, o que destaca a gravidade da privação de sono para o desempenho cognitivo e motor. Atletas, em particular, são suscetíveis aos efeitos da má qualidade do sono, que pode ser exacerbada por fatores como estresse competitivo e viagens frequentes.

As evidências sugerem ainda que o sono e a atividade física não agem de forma isolada, mas interagem para influenciar a função cognitiva e a performance esportiva. Um sono adequado não apenas melhora o desempenho físico, mas também potencializa os efeitos benéficos do exercício nas funções cognitivas. Da mesma forma, a prática regular de exercícios pode melhorar a qualidade do sono, criando um ciclo positivo entre ambas as variáveis. Essa interação aponta para a necessidade de um equilíbrio entre sono e atividade física, especialmente em contextos esportivos de alto rendimento, para maximizar o desempenho cognitivo e motor dos atletas.

Em resumo, este estudo destaca a importância de intervenções integradas que combinem boas práticas de higiene do sono e a promoção de atividades físicas regulares, não apenas para a otimização das funções executivas, mas também para a promoção da saúde física e mental de forma

geral. A compreensão dessa relação torna-se essencial tanto para a população em geral quanto para atletas de elite, oferecendo novas perspectivas sobre como melhorar o rendimento esportivo e a qualidade de vida por meio de uma abordagem integrada de saúde.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Denis César Leite Vieira da Universidade Católica de Brasília por sua contribuição na revisão geral do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- 1.Tufik S. Medicina e Biologia Do Sono. Barueri: Manole; 2008.
- 2.Gomes MM, Schmidt Quinhones M, Engelhardt E. Neurophysiology of sleep and pharmacotherapeutic aspects of their disorders. Rev Bras Neurol 2010;46:5-15. <https://docs.bvsalud.org/upload/S/0101-8469/2010/v46n1/a003.pdf>
- 3.Chokroverty S. Overview of sleep & sleep disorders. Indian J Med Res 2010;131:126-40. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20308738/>
- 4.Patel AK, Reddy V, Shumway KR, Araujo JF. Physiology, Sleep Stages. In: StatPearls (Internet). Treasure Island: StatPearls Publishing; 2024. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30252388/>
- 5.Friedman NP, Miyake A. Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. Cortex 2017;86:186-204; <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.023>
- 6.Collins A, Koechlin E. Reasoning, Learning, and Creativity: Frontal Lobe Function and Human Decision-Making. PLoS Biol 2012;10:e1001293. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001293>
- 7.Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Wager TD. The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. Cogn Psychol 2000;41:49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- 8.Lehto JE, Jujärvi P, Kooistra L, Pulkkinen L. Dimensions of executive functioning: Evidence from children. Bri J Develop Psychol 2003;21:59-80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>
- 9.Munakata Y, Herd SA, Chatham CH, Depue BE, Banich MT, O'Reilly RC. A unified framework for inhibitory control. Trends Cogn Sci 2011;15:453-9. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.07.011>
- 10.Dajani DR, Uddin LQ. Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. Trends Neurosci 2015;38:571-8. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.07.003>

11. Baddeley A. Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annu Rev Psychol* 2012;63:1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>

12. Diamond A. Executive Functions. *Annu Rev Psychol* 2013;64:135-68. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

13. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985;100:126-31. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3920711/>

14. Sewell KR, Erickson KI, Rainey-Smith SR, Peiffer JJ, Sohrabi HR, Brown BM. Relationships between physical activity, sleep and cognitive function: A narrative review. *Neurosci Biobehav Rev* 2021;130:369-78. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.003>

15. Guure CB, Ibrahim NA, Adam MB, Said SM. Impact of Physical Activity on Cognitive Decline, Dementia, and Its Subtypes: Meta-Analysis of Prospective Studies. *Biomed Res Int* 2017;2017:1-13. <https://doi.org/10.1155/2017/9016924>

16. Bubu OM, Brannick M, Mortimer J, Umasabor-Bubu O, Sebastiao YV, Wen Y, et al. Sleep, Cognitive impairment, and Alzheimer's disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sleep* 2017;40(1). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsw032>

17. Brown BM, Peiffer J, Rainey-Smith SR. Exploring the relationship between physical activity, beta-amyloid and tau: A narrative review. *Ageing Res Rev* 2019;50:9-18. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2019.01.003>

18. McSorley VE, Bin YS, Lauderdale DS. Associations of Sleep Characteristics With Cognitive Function and Decline Among Older Adults. *Am J Epidemiol* 2019;188:1066-75. <https://doi.org/10.1093/aje/kwz037>

19. Seol J, Abe T, Fujii Y, Joho K, Okura T. Effects of sedentary behavior and physical activity on sleep quality in older people: A cross-sectional study. *Nurs Health Sci* 2020;22:64-71. <https://doi.org/10.1111/nhs.12647>

20. Green BN, Johnson CD, Adams A. Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. *J Chiropr Med* 2006;5:101-17. [https://doi.org/10.1016/S0899-3467\(07\)60142-6](https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6)

21. Schäfer SK, Wirth BE, Staginnus M, Becker N, Michael T, Soop MR. Sleep's impact on emotional recognition memory: A meta-analysis of whole-night, nap, and REM sleep effects. *Sleep Med Rev* 2020;51:101280. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2020.101280>

22. Ohayon M, Wickwire EM, Hirshkowitz M, Albert SM, Avidan A, Daly FJ, et al. National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health* 2017;3:6-19. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.11.006>

23. Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, Kupfer DJ. The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res* 1989;28:193-213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)

24. Clement-Carbonell V, Portilla-Tamarit I, Rubio-Aparicio M, Madrid-Valero JJ. Sleep Quality, Mental and Physical Health: A Differential Relationship. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:460. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020460>

25. Wang Y, Mei H, Jiang Y-R, Sun W-Q, Song Y-J, Liu S-J, et al. Relationship between Duration of Sleep and Hypertension in Adults: A Meta-Analysis. *J Clin Sleep Med* 2015;11:1047-56. <https://doi.org/10.5664/jcsm.5024>

26. Madrid-Valero JJ, Martínez-Selva JM, Ordoñana JR. Sleep quality and body mass index: a co-twin study. *J Sleep Res* 2017;26:461-7. <https://doi.org/10.1111/jsr.12493>

27. Taheri S, Lin L, Austin D, Mignot E. Short Sleep Duration Is Associated with Reduced Leptin, Elevated Ghrelin, and Increased Body Mass Index. *PLoS Med* 2004;1:e62. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0010062>

28. Leproult R. Effect of 1 Week of Sleep Restriction on Testosterone Levels in Young Healthy Men. *JAMA* 2011;305:2173. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.710>

29. Gregory AM, Agnew-Blais JC, Matthews T, Moffitt TE, Arseneault L. ADHD and Sleep Quality: Longitudinal Analyses From Childhood to Early Adulthood in a Twin Cohort. *J Clin Child Adolesc Psychol* 2017;46:284-94. <https://doi.org/10.1080/15374416.2016.1183499>

30. Alvaro PK, Roberts RM, Harris JK. A Systematic Review Assessing Bidirectionality between Sleep Disturbances, Anxiety, and Depression. *Sleep* 2013;36:1059-68. <https://doi.org/10.5665/sleep.2810>

31. Lowe CJ, Safati A, Hall PA. The neurocognitive consequences of sleep restriction: A meta-analytic review. *Neurosci Biobehav Rev* 2017;80:586-604. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.07.010>

32. Youngstedt SD. Effects of Exercise on Sleep. *Clin Sports Med* 2005;24:355-65. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2004.12.003>

33. Xie Y, Liu S, Chen X-J, Yu H-H, Yang Y, Wang W. Effects of Exercise on Sleep Quality and Insomnia in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Front Psychiatry* 2021;12:664499. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.664499>

34. Youngstedt SD, Kline CE. Epidemiology of exercise and sleep. *Sleep Biol Rhythms* 2006;4:215-21. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2006.00235.x>

35. Li Z, Liu S, Wang L, Smith L. Mind-Body Exercise for Anxiety and Depression in COPD Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2019;17:22. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010022>

36. Silva A, Narciso FV, Rosa JP, Rodrigues DF, Cruz AAS, Tufik S, et al. Gender differences in sleep patterns and sleep complaints of elite athletes. *Sleep Sci* 2019;12:242-8. <https://doi.org/10.5935/1984-0063.20190084>

37. Vieira FMM, Mouta JPL, Solon Júnior LJF, Neto LVS. Characterization of sleep quality in Brazilian Jiu-Jitsu fighters. *Sleep Sci* 2021;14:69-71. <https://doi.org/10.5935/1984-0063.20200001>

38.Cantão EW, Passos GS, Oliveira DM, Borges FVA, Santana MG. Association between sleep quality and symptoms of anxiety and stress in Jiu-jitsu practitioners. *J Phys Edu Sport* 2024;24:1064-71. <https://doi.org/10.7752/jpes.2024.09229>

39.Johnston RD, Gabbett TJ, Jenkins DG. Influence of an intensified competition on fatigue and match performance in junior rugby league players. *J Sci Med Sport* 2013;16:460-5. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.10.009>

40.Erlacher D, Ehrlenspiel F, Adegbesan OA, El-Din HG. Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *J Sports Sci* 2011;29:859-66. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.565782>

41.Lastella M, Lovell GP, Sargent C. Athletes' precompetitive sleep behaviour and its relationship with subsequent precompetitive mood and performance. *Eur J Sport Sci* 2014;14(sup1):S123-30. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.660505>

42.Leger D, Metlaine A, Choudat D. Insomnia and Sleep Disruption: Relevance for Athletic Performance. *Clin Sports Med* 2005;24:269-85. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2004.12.011>

43.Gupta L, Morgan K, Gilchrist S. Does Elite Sport Degrade Sleep Quality? A Systematic Review. *Sports Med* 2017;47:1317-33. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0650-6>

44.Williamson AM, Feyer A-M. Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication. *Occup Environ Med* 2000;57:649-55. <https://doi.org/10.1136/oem.57.10.649>

45.Krause AJ, Simon EB, Mander BA, Greer SM, Saletin JM, Goldstein-Piekarski AN, *et al.* The sleep-deprived human brain. *Nat Rev Neurosci* 2017;18:404-18. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.55>

46.Sen A, Tai XY. Sleep Duration and Executive Function in Adults. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2023;23:801-13. <https://doi.org/10.1007/s11910-023-01309-8>

47.Lucey BP, Wisch J, Boerwinkle AH, Landsness EC, Toedebusch CD, McLeland JS, *et al.* Sleep and longitudinal cognitive performance in preclinical and early symptomatic Alzheimer's disease. *Brain* 2021;144:2852-62. <https://doi.org/10.1093/brain/awab272>

48.Lehmann N, Villringer A, Taubert M. Colocalized White Matter Plasticity and Increased Cerebral Blood Flow Mediate the Beneficial Effect of Cardiovascular Exercise on Long-Term Motor Learning. *J Neurosci* 2020;40:2416-29. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2310-19.2020>

49.El-Sayes J, Harasym D, Turco C V, Locke MB, Nelson A. Exercise-Induced Neuroplasticity: A Mechanistic Model and Prospects for Promoting Plasticity. *Neuroscientist* 2019;25:65-85. <https://doi.org/10.1177/1073858418771538>

50.Ng QX, Ho CYX, Chan HW, Yong BZJ, Yeo W-S. Managing childhood and adolescent attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) with exercise: A systematic review. *Complement Ther Med* 2017;34:123-8. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2017.08.018>

51. Diamond A. Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. *Ann Sports Med Res* 2015;2:1011. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26000340/>

52. Contreras-Osorio F, Campos-Jara C, Martínez-Salazar C, Chirosa-Ríos L, Martínez-García D. Effects of Sport-Based Interventions on Children's Executive Function: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sci* 2021;11:755. <https://doi.org/10.3390/brainsci11060755>

53. Tomporowski PD, Pesce C. Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychol Bull* 2019;145:929-51. <https://doi.org/10.1037/bul0000200>

54. Gentile A, Boca S, Demetriou Y, Sturm D, Pajaujiene S, Zuoziene IJ, et al. The Influence of an Enriched Sport Program on Children's Sport Motivation in the School Context: The ESA PROGRAM. *Front Psychol* 2020;11:1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.601000>

55. Güll YÖ, Hülya A, Füsün NT, Kızılıay F, Özdemir Ö, Cetinkaya V. Effect of strength and endurance training on cognition in older people. *J Sports Sci Med* 2005;4:300-13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24453535/>

56. Cassilhas RC, Viana VAR, Grassmann V, Santos RT, Santos RF, Tufik S, et al. The Impact of Resistance Exercise on the Cognitive Function of the Elderly. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:1401-7. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060111f>

57. Forte R, Boreham CAG, Costa Leite J, Vito GD, Brennan L, Gibney ER, et al. Enhancing cognitive functioning in the elderly: multicomponent vs resistance training. *Clin Interv Aging* 2013;19:19-27. <https://doi.org/10.2147/CIA.S36514>

58. Liu-Ambrose T. Resistance Training and Executive Functions. *Arch Intern Med* 2010;170:170. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.494>

59. Liu S, Yu Q, Li Z, Cunha PM, Zhang Y, Kong Z, et al. Effects of Acute and Chronic Exercises on Executive Function in Children and Adolescents: A Systemic Review and Meta-Analysis. *Front Psychol* 2020;11:554914. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.554915>

60. Vazou S, Pesce C, Lakes K, Smiley-Oyen A. More than one road leads to Rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. *Int J Sport Exerc Psychol* 2019;17:153-78. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2016.1223423>

61. Sibley BA, Etnier JL. The Relationship between Physical Activity and Cognition in Children: A Meta-Analysis. *Pediatr Exerc Sci* 2003;15:243-56. <https://doi.org/10.1123/pes.15.3.243>

62. Haverkamp BF, Wiersma R, Vertessen K, Ewijk HV, Oosterlaan J, Hartman E. Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *J Sports Sci* 2020;38:2637-60. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1794763>

63. Falck RS, Best JR, Davis JC, Liu-Ambrose T. The Independent Associations of Physical Activity and Sleep with Cognitive Function in

Older Adults. J Alzheimers Dis 2018;63:1469-84.
<https://doi.org/10.3233/JAD-170936>

64. Maass A, Düzel S, Brigadski T, Goerke M, Becke A, Sobieray U, et al. Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. Neuroimage 2016;131:142-54.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.10.084>

65. Moraes WAS, Poyares DR, Guilleminault C, Ramos LR, Bertolucci PHF, Tufik S. The Effect of Donepezil on Sleep and REM Sleep EEG in Patients with Alzheimer Disease: A Double-Blind Placebo-Controlled Study. Sleep 2006;29:199-205.
<https://doi.org/10.1093/sleep/29.2.199>

66. Brown BM, Peiffer J, Rainey-Smith SR. Exploring the relationship between physical activity, beta-amyloid and tau: A narrative review. Ageing Res Rev 2019;50:9-18.
<https://doi.org/10.1016/j.arr.2019.01.003>

67. Jegou A, Schabus M, Gosseries O, Dahmen B, Albouy G, Desseilles M, et al. Cortical reactivations during sleep spindles following declarative learning. Neuroimage 2019;195:104-12.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.03.051>

68. Wilckens KA, Erickson KI, Wheeler ME. Physical Activity and Cognition: A Mediating Role of Efficient Sleep. Behav Sleep Med 2018;16:569-86. <https://doi.org/10.1080/15402002.2016.1253013>