

CICLISMO: IMPACTOS NOS SISTEMAS DE REGULAÇÃO E DEFESA – UMA REVISÃO DAS ADAPTAÇÕES NERVOSAS, HORMONAIS E IMUNOLÓGICAS

CYCLING: IMPACTS ON REGULATION AND DEFENSE SYSTEMS – A REVIEW OF NERVOUS, HORMONAL, AND IMMUNOLOGICAL ADAPTATIONS

CICLISMO: IMPACTOS EN LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN Y DEFENSA – UNA REVISIÓN DE LAS ADAPTACIONES NERVIOSAS, HORMONALES E INMUNOLÓGICAS

Elise Gabrieli Wisniewsky Trevisan¹

Alan Christhian Bahr²

Rafael Ingo Lincoski³

Fabiula Aparecida Kurtz⁴

Daiane Aparecida Santore⁵

Liamara Basso Dala Costa⁶

Micheli Martinello⁷

Daniela dos Santos⁸

Bruno Woehl Oleksyszzen⁹

Elizama de Gregório¹⁰

André Trevisan¹¹

RESUMO: O ciclismo é uma atividade física amplamente praticada como esporte, lazer e meio de transporte. Esta revisão narrativa sintetizou evidências sobre seus efeitos nos sistemas nervoso, endócrino e imunológico. Foram realizadas buscas nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus e Web of Science para publicações de janeiro de 2015 a junho de 2026, combinando termos relativos ao ciclismo com descritores dos três sistemas. Após triagem por títulos, resumos e leitura integral, 59 publicações compuseram a síntese qualitativa. Os achados indicam que o ciclismo pode favorecer o humor, o bem-estar e funções executivas, sobretudo em protocolos regulares e adaptados à população. Exercícios de moderada a alta intensidade produzem respostas agudas de cortisol e testosterona, enquanto o treinamento pode atenuar a resposta hormonal ao mesmo estímulo. A prática regular associa-se a melhor vigilância imunológica e menor risco populacional de infecções; contudo, cargas elevadas combinadas a recuperação, sono ou disponibilidade energética inadequados podem aumentar a vulnerabilidade clínica. Alterações leucocitárias transitórias após o esforço não devem, isoladamente, ser interpretadas como imunossupressão. Conclui-se que o ciclismo apresenta potencial para promoção da saúde, desde que a prescrição considere o contexto, a dose de exercício, a condição clínica e a recuperação.

Palavras-chave: Ciclismo. Sistema nervoso. Sistema endócrino. Sistema imunológico. Neuroplasticidade.

¹Graduanda em Fisioterapia, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

²Doutor em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre.

³Especialização em Fisioterapia Traumatismo-ortopédica de desportiva, Faculdade Inspirar.

⁴Especialista em fisioterapia em Oncologia e em Fisioterapia Neurofuncional. Universidade Pitágoras – Unopar.

⁵Especialista em Fisioterapia Dermato-funcional, Faculdade de Tecnologia – IBRATE.

⁶Mestre em Biotecnologia e Inovação em Saúde, Universidade Anhanguera de São Paulo.

⁷Doutorado em Ciências da Saúde, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP.

⁸Doutorado em Saúde e Meio Ambiente, Universidade da região de Joinville – Univille.

⁹Graduando em Medicina, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

¹⁰Doutorado em Fisiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

¹¹Doutor em Zoologia, Universidade Federal do Paraná.

ABSTRACT: Cycling is widely practiced as a sport, leisure activity, and means of transportation. This narrative review synthesized evidence on its effects on the nervous, endocrine, and immune systems. PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science were searched for publications from January 2015 to June 2026 by combining cycling-related terms with descriptors for the three systems. After title, abstract, and full-text screening, 59 publications were included in the qualitative synthesis. Findings indicate that cycling may benefit mood, well-being, and executive functions, particularly when protocols are regular and tailored to the population. Moderate- to high-intensity exercise elicits acute cortisol and testosterone responses, whereas training may attenuate the hormonal response to the same stimulus. Regular practice is associated with enhanced immune surveillance and a lower population risk of infection; however, high training loads combined with inadequate recovery, sleep, or energy availability may increase clinical vulnerability. Transient post-exercise leukocyte changes should not, in isolation, be interpreted as immunosuppression. Cycling therefore has health-promotion potential when prescription accounts for context, exercise dose, clinical status, and recovery.

Keywords: Cycling. Nervous system. Endocrine system. Immune system. Neuroplasticity.

RESUMEN: El ciclismo se practica ampliamente como deporte, ocio y medio de transporte. Esta revisión narrativa sintetizó evidencias sobre sus efectos en los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico. Se realizaron búsquedas en PubMed/MEDLINE, Scopus y Web of Science para publicaciones de enero de 2015 a junio de 2026, combinando términos relacionados con el ciclismo y descriptores de los tres sistemas. Tras la selección por títulos, resúmenes y lectura a texto completo, 59 publicaciones integraron la síntesis cualitativa. Los hallazgos indican que el ciclismo puede favorecer el estado de ánimo, el bienestar y las funciones ejecutivas, especialmente con protocolos regulares y adaptados a la población. El ejercicio de intensidad moderada a alta produce respuestas agudas de cortisol y testosterona, mientras que el entrenamiento puede atenuar la respuesta hormonal al mismo estímulo. La práctica regular se asocia con una mejor vigilancia inmunológica y un menor riesgo poblacional de infecciones; sin embargo, las cargas elevadas combinadas con recuperación, sueño o disponibilidad energética inadecuados pueden aumentar la vulnerabilidad clínica. Los cambios leucocitarios transitorios posteriores al esfuerzo no deben interpretarse, por sí solos, como inmunosupresión. Se concluye que el ciclismo tiene potencial para promover la salud cuando la prescripción considera el contexto, la dosis de ejercicio, la condición clínica y la recuperación.

Palabras clave: Ciclismo. Sistema nervioso. Sistema endocrino. Sistema inmunológico. Neuroplasticidad.

INTRODUÇÃO

O ciclismo é praticado como esporte, lazer e meio de transporte e constitui uma forma relevante de atividade física ao longo da vida. Além das adaptações cardiovasculares, pulmonares e metabólicas, seus efeitos sobre os sistemas nervoso, endócrino e imunológico têm recebido atenção crescente (Buning & Gibson, 2018; Berrie et al., 2024).

No campo da saúde mental, intervenções e estudos observacionais associam o ciclismo a melhor bem-estar, menor sofrimento psíquico e ganhos em componentes da função executiva. Os resultados variam conforme idade, contexto, ambiente e desenho do estudo, e os mecanismos propostos incluem maior perfusão cerebral, modulação de fatores neurotróficos e adaptação de redes pré-frontais (Leyland et al., 2019; Dementyev et al., 2023; Byun et al., 2024).

No sistema endócrino, a resposta ao ciclismo depende da intensidade, da duração, do estado de treinamento e do sexo. Sessões intensas podem elevar transitoriamente cortisol e testosterona, enquanto o treinamento repetido pode reduzir a resposta do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA) ao mesmo estímulo (Hough et al., 2021; Bogdanis et al., 2022; Caplin et al., 2021).

No sistema imunológico, atividade física regular associa-se a menor inflamação basal e menor risco populacional de infecções. Em atletas de endurance, entretanto, carga elevada combinada a recuperação insuficiente, exposição a patógenos, viagens, privação de sono ou baixa disponibilidade energética pode aumentar a vulnerabilidade clínica; a queda transitória de linfócitos circulantes após o esforço, isoladamente, não comprova imunossupressão (Chastin et al., 2021; Kurowski et al., 2022; Derman et al., 2022).

Esta revisão responde a três perguntas principais: (1) O ciclismo melhora a saúde mental e a cognição? (2) Quais as respostas hormonais agudas e crônicas ao ciclismo? (3) O ciclismo fortalece ou suprime o sistema imunológico?

3

Desta forma, o objetivo geral deste estudo é revisar e sintetizar as evidências científicas sobre os impactos fisiológicos do ciclismo nos sistemas nervoso, endócrino e imunológico.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa, descritiva e de abordagem qualitativa. Esse delineamento foi escolhido porque o objetivo abrange três sistemas fisiológicos, diferentes populações, modalidades de ciclismo e desfechos heterogêneos, o que favorece uma síntese interpretativa e integradora em vez de uma estimativa quantitativa única de efeito (Ferrari, 2015).

As buscas foram realizadas em junho de 2026 nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus e Web of Science, abrangendo publicações de janeiro de 2015 a junho de 2026. Foram considerados estudos nacionais e internacionais publicados em português, inglês ou espanhol. As listas de

referências dos artigos elegíveis também foram examinadas para identificar estudos adicionais pertinentes.

Os descritores controlados foram definidos com apoio dos vocabulários MeSH e DeCS e combinados a termos livres. A estratégia principal utilizou ("Bicycling" OR "Cycling" OR "cycle ergometer") AND, separadamente, os conjuntos ("Nervous System" OR "Mental Health" OR cognition OR neuroplasticity OR BDNF), ("Endocrine System" OR cortisol OR testosterone OR "hypothalamic-pituitary-adrenal axis" OR "menstrual cycle") e ("Immune System" OR immunity OR inflammation OR "respiratory tract infection" OR overtraining). Os operadores booleanos AND e OR e a sintaxe foram adaptados a cada base.

Foram incluídos artigos completos revisados por pares, como ensaios clínicos, estudos observacionais, revisões sistemáticas, metanálises e revisões narrativas de reconhecida pertinência, desde que avaliassem o ciclismo como intervenção ou exposição ou apresentassem mecanismos do exercício aeróbio diretamente aplicáveis ao ciclismo. Excluíram-se duplicatas, resumos de congresso, editoriais, teses, estudos sem acesso ao texto completo, pesquisas exclusivamente in vitro ou com animais e trabalhos nos quais os resultados do ciclismo não pudessem ser identificados ou relacionados aos sistemas investigados.

A seleção ocorreu em duas etapas: leitura de títulos e resumos, seguida da avaliação integral dos textos potencialmente elegíveis. Para cada publicação foram extraídos autor, ano, desenho, população, protocolo ou exposição, desfechos, resultados e limitações. Quando a evidência era proveniente de exercício aeróbio geral, essa extrapolação foi explicitada no texto. Ao final, 59 publicações compuseram a síntese temática, organizada nos eixos nervoso, endócrino e imunológico. Devido à heterogeneidade clínica e metodológica, não foram realizadas metanálise nem avaliação quantitativa formal do risco de viés; essa característica foi considerada na interpretação dos achados.

SISTEMA NERVOSO

Ciclismo, humor e saúde mental

O ciclismo é investigado em contextos de lazer, deslocamento, programas escolares e realidade virtual. Em conjunto, os estudos sugerem benefícios sobre humor e bem-estar, mas a magnitude e a direção dos resultados variam conforme população, ambiente, motivação e método de avaliação (Dementyev et al., 2023; Berrie et al., 2024; Liu, McDonough & Gao, 2024; Yen & Huang, 2025).

Efeitos diretos sobre humor, ansiedade e depressão

Um programa escolar de seis a oito semanas de ciclismo ("Riding for Focus") aumentou o bem-estar psicossocial em adolescentes durante a pandemia de COVID-19. O programa melhorou a atenção, a externalização e a internalização de problemas emocionais, ainda que com efeitos pequenos (Dementyev et al., 2023).

Em jovens adultos que pedalarão em floresta, observaram-se redução de sintomas depressivos e aumento do vigor, embora a caminhada tenha produzido benefícios psicológicos mais amplos (Janeczko et al., 2023). Em nível mais geral, uma metanálise de sessões agudas de exercício identificou melhora pequena a moderada do humor e de sintomas de ansiedade e depressão, com heterogeneidade entre protocolos (Weinstein et al., 2024).

Em adultos com transtorno de personalidade borderline, uma sessão de 20 minutos em bicicleta ergométrica foi segura e aceitável, mas não reduziu o afeto negativo mais do que a condição de controle, ilustrando que o efeito agudo não é uniforme entre populações clínicas (St-Amour et al., 2022).

Tabela 1: Ciclismo e bem-estar em diferentes contextos

Contexto	Resultado principal sobre humor/saúde mental
Lazer em floresta	Redução da depressão, aumento do vigor
Programa escolar de ciclismo	Aumento do bem-estar, melhora em subescalas de problemas emocionais
Ciclismo virtual em universitários	Menor raiva, confusão, depressão e fadiga; maior vigor
Deslocamento ao trabalho (Escócia)	Menor uso de antidepressivos e ansiolíticos entre quem vai de bicicleta

5

Fonte: Janeczko et al. (2023); Dementyev et al. (2023); Liu, McDonough & Gao (2024); Berrie et al. (2024).

Ciclismo como deslocamento e saúde mental

Em Edimburgo e Glasgow, o deslocamento de bicicleta ao trabalho foi associado a cerca de 15% menos prescrições de antidepressivos ou ansiolíticos ao longo de cinco anos. O desenho com variável instrumental reforça a plausibilidade de efeito, mas não elimina todas as fontes de confundimento (Berrie et al., 2024).

Em crianças e adolescentes chilenos, o deslocamento ativo, realizado a pé ou de bicicleta, associou-se a indicadores mais favoráveis de saúde mental e estilo de vida; como as modalidades

foram analisadas em conjunto, o efeito isolado do ciclismo permanece incerto (Caamaño-Navarrete et al., 2024).

Implicação prática: o contexto deve integrar a prescrição. Ambiente, segurança, autonomia, finalidade do deslocamento e preferência individual podem modificar a experiência psicológica e a adesão; por isso, os achados não sustentam uma hierarquia universal entre lazer, deslocamento e ciclismo virtual.

Populações específicas e ambientes virtuais

Em adultos com 50 anos ou mais, oito semanas de ciclismo ao ar livre, convencional ou eletricamente assistido, foram associadas a melhora de componentes cognitivos e de bem-estar; a ausência de cegamento e o tamanho amostral recomendam interpretação cautelosa (Leyland et al., 2019).

O ciclismo em realidade virtual imersiva reduziu a raiva, a confusão, a depressão e a fadiga. O ciclismo virtual aumentou o vigor mais do que a bicicleta tradicional (Liu, McDonough & Gao, 2024). Pedalar em ambientes virtuais verdes ou azuis melhorou o afeto positivo e reduziu o estresse percebido em comparação com cenários urbanos cinzentos (Yen & Huang, 2025).

Mecanismos gerais do exercício

Sínteses recentes indicam que exercícios aeróbios e resistidos podem reduzir sintomas de depressão e ansiedade, enquanto uma única sessão pode produzir melhora de humor de pequena a moderada magnitude. A extrapolação para o ciclismo deve considerar o protocolo e a população de cada estudo (Banyard et al., 2025; Weinstein et al., 2024).

Os mecanismos propostos incluem modulação de monoaminas, endorfinas e endocanabinoides, aumento de fatores neurotróficos e redução do estresse oxidativo e da inflamação de baixo grau. Esses caminhos são biologicamente plausíveis, mas não demonstram que um único mecanismo explique todos os efeitos psicológicos observados (Chen & Nakagawa, 2023; Martín-Rodríguez et al., 2024).

Ciclismo, neuroplasticidade e cognição

Embora existam ensaios específicos com bicicleta, parte da fundamentação deriva de exercício aeróbio em geral. Esses estudos foram utilizados apenas quando o mecanismo ou o

desfecho era diretamente pertinente ao ciclismo, e essa extrapolação deve ser considerada ao interpretar a força da evidência.

Mecanismos de neuroplasticidade

O exercício aeróbico pode elevar transitoriamente o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), relacionado à plasticidade sináptica e à adaptação de redes neurais. A magnitude da resposta depende de intensidade, duração, estado de saúde e método de dosagem (De Sousa Fernandes et al., 2020; Ezzdine et al., 2025).

Em populações saudáveis, intervenções de exercício apresentam efeitos favoráveis sobre diferentes domínios cognitivos, mas os resultados para BDNF circulante e cognição não são uniformes e não devem ser tratados como equivalentes (Zhang et al., 2023).

Efeitos agudos do ciclismo na cognição

Em adultos jovens saudáveis, realizar tarefas de memória espacial enquanto pedalam mostrou tendência a um tempo de reação mais rápido. Os potenciais evocados sugeriram um ajuste compensatório da atenção e da memória (Chan et al., 2023).

Os efeitos agudos sobre a cognição dependem da intensidade e da complexidade da tarefa concorrente; em situações de dupla tarefa, maior ativação cerebral pode coexistir com ganhos discretos ou ausência de melhora no desempenho (Chan et al., 2023).

Efeitos crônicos do ciclismo na cognição

Três meses de ciclismo leve, realizado três vezes por semana durante 30 a 50 minutos, melhoraram o desempenho no teste de Stroop e aumentaram a eficiência neural pré-frontal em adultos mais velhos (Byun et al., 2024). Resultados de ciclismo ao ar livre em pessoas com mais de 50 anos também apontam benefício cognitivo e de bem-estar (Leyland et al., 2019).

Metanálises de ensaios em adultos mais velhos saudáveis mostram efeitos favoráveis do exercício sobre memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e controle inibitório, com variação conforme modalidade, frequência e duração da intervenção (Xiong et al., 2021; Zhang et al., 2023).

Em adultos com doenças neurológicas, revisões apontam que exercício aeróbico pode favorecer atenção, memória e função executiva por mecanismos que incluem perfusão cerebral, fatores neurotróficos e reorganização de redes. Como as intervenções não são exclusivamente

ciclismo, a aplicabilidade deve ser individualizada (Cardoso, Fernandes & Tomás, 2024; Zhu, Chen & Zhang, 2025).

Populações específicas

Em adolescentes com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), pedalar em intensidade moderada durante tarefas cognitivas modificou a ativação frontal e parietal, mas também aumentou a dificuldade da dupla tarefa. Revisões do exercício no TDAH indicam resultados promissores, ainda heterogêneos quanto a dose e desfecho (Van Riper et al., 2023; Chan, Jang & Ho, 2022).

Síntese do sistema nervoso

Em síntese, o ciclismo associa-se a benefícios potenciais para humor, bem-estar e funções executivas, sobretudo quando praticado regularmente e em contexto seguro e motivador. Os mecanismos neuroplásticos são plausíveis, mas os resultados variam entre protocolos e populações, e parte da evidência deriva de exercício aeróbio não específico. Idosos, adolescentes e pessoas com condições neurológicas podem se beneficiar de programas adaptados, embora ainda sejam necessários ensaios maiores e comparadores adequados.

SISTEMA ENDÓCRINO

Ciclismo, hormônios e estresse

O ciclismo provoca respostas endócrinas agudas e adaptações ao treinamento que dependem de intensidade, duração, sexo, disponibilidade energética, horário de coleta e estado de treinamento. Cortisol e testosterona são marcadores frequentemente avaliados, mas sua interpretação isolada não define anabolismo, catabolismo ou overtraining (Hough et al., 2021; Bogdanis et al., 2022).

Respostas hormonais agudas ao ciclismo

Uma metanálise em homens identificou elevação transitória da testosterona após exercício, com efeito influenciado pela intensidade e pelo momento da coleta (D'Andrea et al., 2020). Em protocolos de ciclismo intenso, cortisol e testosterona salivares aumentaram de forma aguda, embora a magnitude e a confiabilidade variem entre indivíduos e protocolos (Jemni et al., 2020; Hough et al., 2021; Bogdanis et al., 2022).

Tabela 2: Efeito de variações no protocolo de ciclismo

Protocolo	Efeito principal em testosterona e cortisol
30 minutos de ciclismo intervalado "55/80"*	Aumento confiável da testosterona e do cortisol salivares
Ciclismo máximo com vibração local	Maior elevação do cortisol e redução da razão testosterona/cortisol
Mesma sessão de HIIT após três semanas de treinamento	Menor resposta de cortisol à repetição do estímulo

***Protocolo intervalado com alternância de 55% e 80% da FC máxima**

Fonte: Hough et al. (2021); Jemni et al. (2020); Bogdanis et al. (2022).

Treino crônico e equilíbrio anabólico-catabólico

Em 24 semanas de treino concorrente (aeróbico + força) em jovens sedentários, não houve mudança sustentada no cortisol, na testosterona ou na desidroepiandrosterona (DHEAS). Apenas a razão testosterona/cortisol caiu em mulheres, sugerindo uma pequena mudança no equilíbrio anabólico-catabólico feminino (Herrera-Quintana et al., 2025).

Após três semanas de treinamento intervalado de alta intensidade em bicicleta, a resposta de cortisol à repetição do protocolo foi menor, achado compatível com adaptação ao estímulo; contudo, cortisol isolado não permite inferir benefício clínico ou ausência de sobrecarga (Bogdanis et al., 2022).

Implicação prática: a progressão de carga deve ser gradual e acompanhada por desempenho, sintomas, sono, recuperação e disponibilidade energética. A atenuação de uma resposta hormonal pode representar adaptação, mas não deve ser interpretada isoladamente como proteção contra sobrecarga.

Ciclismo e resposta ao estresse psicológico

O exercício aeróbico agudo pode modificar a resposta fisiológica a um estressor psicológico subsequente, mas o efeito depende da intensidade, do intervalo entre exercício e teste e das características da amostra.

Um estudo experimental demonstrou que 30 minutos de exercício vigoroso reduziram de forma dose-dependente a resposta do cortisol a um teste de estresse social realizado 45 minutos depois. Quanto maior o aumento do cortisol durante o exercício, menor foi a resposta ao estressor seguinte (Caplin et al., 2021).

Em adultos mais velhos, um programa de ciclismo associou-se a menor estresse percebido, ansiedade e medo de cair, sem alteração consistente do cortisol de longo prazo. Em pessoas com exaustão relacionada ao estresse, uma sessão breve em cicloergômetro reduziu sintomas imediatamente após o exercício, embora esses estudos não autorizem generalização para todas as populações (Becker et al., 2025; Kling et al., 2025).

Ciclismo, ciclo menstrual e hormônios femininos

Nota metodológica: Nenhum dos estudos encontrados avaliou especificamente o ciclismo e seus efeitos diretos sobre o ciclo menstrual ou os hormônios femininos. Os dados apresentados a seguir derivam de estudos sobre mulheres fisicamente ativas em geral e atividade física vigorosa, o que permite aproximações com cautela, mas não estabelece causalidade específica do ciclismo.

Em mulheres fisicamente ativas, mudanças de humor, fadiga, cólicas e dor mamária estiveram entre os sintomas menstruais mais frequentes e se associaram a maior probabilidade de adaptar ou interromper treino e competição (Bruinvels et al., 2021).

Estudos laboratoriais descrevem a variação de estradiol, progesterona, hormônio luteinizante (LH) e hormônio folículo-estimulante (FSH) ao longo do ciclo, mas esses dados não estabelecem efeito específico do ciclismo sobre a função menstrual (Anckaert et al., 2021; Greene et al., 2025).

10

Síntese do sistema endócrino

Em síntese, sessões intensas de ciclismo podem elevar cortisol e testosterona de forma transitória, e o treinamento pode atenuar a resposta hormonal à repetição do estímulo. Esses marcadores devem ser interpretados em conjunto com desempenho, sintomas e recuperação. A evidência específica sobre ciclismo, ciclo menstrual e hormônios femininos permanece escassa; portanto, não é possível afirmar efeito protetor ou prejudicial sobre a regularidade menstrual sem considerar disponibilidade energética, carga e características individuais.

SISTEMA IMUNOLÓGICO

Ciclismo, regulação imune e risco de infecções

Estudos exclusivamente com ciclismo são menos numerosos do que aqueles sobre atividade física e exercício aeróbico em geral. Por isso, esta seção combina evidência específica

de cicloergômetro com sínteses de exercício aeróbico, sem assumir que todos os achados se transfiram integralmente para ciclistas.

Mecanismos de ação no sistema imunológico

Sessões de exercício mobilizam leucócitos, incluindo linfócitos e células natural killer, e a prática regular associa-se a perfis mais favoráveis de vigilância imune e inflamação basal. A resposta varia com dose, idade, composição corporal e estado clínico (Chastin et al., 2021; Filgueira et al., 2021; Schlagheck et al., 2020).

O exercício agudo produz alterações transitórias de leucócitos e citocinas pró e anti-inflamatórias; com repetição e recuperação adequadas, essas respostas podem contribuir para menor inflamação crônica. A intensidade e a duração modificam substancialmente o perfil observado (Cerqueira et al., 2020; Da Silveira et al., 2021; Agustiniingsih & Wibawa, 2024; Kurowski et al., 2022).

Em adultos mais velhos, atividade física e dieta relacionam-se à manutenção da competência imune, enquanto uma sessão de exercício pode alterar respostas celulares e vesículas extracelulares. Ainda não está estabelecido que o ciclismo reverta a imunossenescência (Weyh, Krüger & Strasser, 2020; Garza et al., 2025; Yu et al., 2025).

Um estudo comparou uma sessão de endurance em bicicleta (60% da potência de pico, 50 minutos) com uma sessão de musculação. O ciclismo mobilizou mais tipos de células imunes e alterou um índice sistêmico de inflamação, indicando uma forte ativação imune aguda (Schlagheck et al., 2020).

Tabela 3: Relação entre carga de exercício e resposta imune

Tipo de exercício / carga	Efeito típico em inflamação e imunidade
Moderado e regular	Mobilização recorrente de células imunes, menor inflamação basal e menor risco populacional de infecções
Muito intenso ou prolongado, sem recuperação suficiente	Alterações transitórias de leucócitos; risco clínico modificado por carga, exposição, sono e disponibilidade energética

Fonte: Chastin et al. (2021); Campbell & Turner (2018); Kurowski et al. (2022); Derman et al. (2022); Jeppesen et al. (2024).

Efeito sobre o risco de infecções

Em comparação com pessoas menos ativas, indivíduos fisicamente ativos apresentaram cerca de 31% menor risco de infecções comunitárias e 37% menor mortalidade por doenças infecciosas em metanálise populacional (Chastin et al., 2021). Maior atividade física diária também se associou a menores níveis de proteína C-reativa, fibrinogênio e contagem de leucócitos, sem estabelecer causalidade específica do ciclismo (Klasson, Sathir & Pontzer, 2022).

Revisões associam atividade física regular a menor incidência e gravidade de infecções respiratórias agudas. Há também evidência de benefício sobre alguns desfechos de vacinação e imunidade de mucosa, mas os efeitos sobre IgA e infecção são heterogêneos entre protocolos e populações (Nieman & Sakaguchi, 2022; Drummond et al., 2022).

Excesso de treinamento no ciclismo e imunidade: principais riscos

Em ciclistas e outros atletas de endurance, a vulnerabilidade a infecções não depende apenas da intensidade do exercício. Carga elevada, competições, viagens, aglomerações, sono insuficiente, estresse psicológico e baixa disponibilidade energética interagem com a recuperação e a exposição a patógenos (Derman et al., 2022; La Torre et al., 2023; Tiemeier et al., 2024; Fiala et al., 2025).

12

Mecanismos imunológicos do "overtraining"

Após sessões prolongadas ou intensas, ocorre leucocitose seguida de redução transitória de linfócitos no sangue. A interpretação clássica desse período como "janela aberta" de imunossupressão é controversa, pois a queda circulante pode refletir redistribuição celular para tecidos e não perda global da competência imune. O risco clínico deve ser inferido de sintomas e infecções documentadas, não apenas do hemograma (Campbell & Turner, 2018; Cicchella, Stefanelli & Massaro, 2021; Kurowski et al., 2022).

Treino intensificado pode alterar transitoriamente subpopulações linfocitárias, e reduções de IgA foram descritas em alguns protocolos; contudo, a associação com infecção não é uniforme. Carga, recuperação e características individuais devem ser consideradas conjuntamente (Drummond et al., 2022; Suzuki & Hayashida, 2021; Shi et al., 2025).

Exercício exaustivo repetido e recuperação insuficiente podem produzir estresse oxidativo e alterações de mediadores inflamatórios, incluindo IL-6. Esses marcadores são

inespecíficos e não diagnosticam isoladamente síndrome de overtraining (Suzuki et al., 2020; Docherty et al., 2022; Nash et al., 2023; Fiala et al., 2025).

Tabela 4: Principais riscos clínicos para ciclistas e atletas de endurance

Risco imunológico		Evidência chave
Doença respiratória aguda		Risco associado a carga elevada, exposição a patógenos, viagens, sono insuficiente e recuperação inadequada
Alterações transitórias pós-exercício		Leucocitose seguida de redistribuição de linfócitos; o achado isolado não comprova imunossupressão clínica
Imunidade de mucosa		Reduções de IgA podem ocorrer com carga intensa; a relação com infecção é heterogênea e dependente do protocolo
Inflamação e baixa disponibilidade energética		Treino exaustivo repetido e déficit energético associam-se a estresse oxidativo e alterações inflamatórias

Fonte: Derman et al. (2022); Drummond et al. (2022); Campbell & Turner (2018); Jeppesen et al. (2024); Fiala et al. (2025).

Fatores que agravam o risco em ciclistas

Cargas elevadas, monotonia de treino e recuperação inadequada associam-se a maior ocorrência de sintomas respiratórios em atletas, embora exposição ambiental e viagens também contribuam (Derman et al., 2022).

A baixa disponibilidade energética pode elevar estresse fisiológico, aumentar a formação de espécies reativas de oxigênio por células imunes e prejudicar desempenho e recuperação, especialmente em atletas de endurance (Jeppesen et al., 2024; La Torre et al., 2023).

Frio, altitude, viagens, aglomerações, sono insuficiente e estresse psicológico podem somar-se à carga de treino e modificar o risco de adoecimento, sobretudo em provas longas e ultraendurance (Kurowski et al., 2022; Tiemeier et al., 2024).

Implicação prática: ciclistas de endurance devem periodizar carga, manter disponibilidade energética e hidratação adequadas, proteger o sono e reduzir exposição evitável a patógenos em viagens e competições. Suplementos devem ser indicados apenas após avaliação clínica ou nutricional, e não como substitutos da recuperação.

Síntese do sistema imunológico

Em síntese, atividade física regular, incluindo o ciclismo, associa-se a menor inflamação basal e menor risco populacional de infecções. Em atletas, não se deve equiparar automaticamente alterações transitórias de leucócitos à imunossupressão clínica. A vulnerabilidade aumenta quando cargas elevadas coexistem com recuperação insuficiente, baixa disponibilidade energética, sono inadequado e maior exposição a patógenos; por isso, o controle da carga deve integrar sinais clínicos, desempenho e contexto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão indica que o ciclismo pode contribuir para a saúde dos sistemas de regulação e defesa, mas os efeitos dependem da dose, do contexto e das características do praticante. No sistema nervoso, os resultados mais consistentes apontam melhora potencial de humor, bem-estar e componentes da função executiva, com variação conforme idade, ambiente e desenho do protocolo. No sistema endócrino, sessões moderadas a intensas produzem respostas agudas de cortisol e testosterona, enquanto o treinamento pode atenuar a resposta ao mesmo estímulo; esses marcadores, contudo, não devem ser interpretados isoladamente. No sistema imunológico, a prática regular associa-se a menor inflamação basal e menor risco populacional de infecções, ao passo que a vulnerabilidade clínica em atletas decorre da interação entre carga elevada, recuperação insuficiente, baixa disponibilidade energética, sono inadequado e exposição a patógenos, e não apenas das alterações transitórias de leucócitos após o exercício.

14

Na prática, os achados apoiam o uso do ciclismo como estratégia acessível de atividade física e promoção da saúde, desde que a prescrição seja individualizada, progressiva e compatível com a condição clínica, a experiência, os objetivos e o ambiente do praticante. Para pessoas mais velhas, adolescentes e indivíduos com condições neurológicas, protocolos adaptados podem ampliar segurança e adesão. Para ciclistas de endurance, o monitoramento deve integrar desempenho, sintomas, sono, nutrição e recuperação, evitando que marcadores hormonais ou imunológicos isolados determinem decisões de treinamento.

A interpretação dos resultados é limitada pelo caráter narrativo da revisão, pela heterogeneidade de populações, protocolos e desfechos, pela predominância de estudos internacionais e pela necessidade de extrapolar parte dos dados de exercício aeróbio geral para o ciclismo. Também permanecem lacunas sobre mulheres, ciclo menstrual, diferentes faixas etárias, modalidades de ciclismo e efeitos de longo prazo. Pesquisas futuras devem empregar

amostras maiores e mais diversas, comparadores adequados, descrição padronizada de carga e recuperação e acompanhamento longitudinal de desfechos clínicos. Em conjunto, as evidências sustentam o ciclismo como prática promissora para a saúde mental, endócrina e imunológica, desde que seus benefícios sejam apresentados com prudência e associados a segurança, recuperação e individualização.

REFERÊNCIAS

1. AGUSTININGSIH, D.; WIBAWA, T. Demystifying roles of exercise in immune response regulation against acute respiratory infections: A narrative review. *Sports Medicine and Health Science*, v. 6, n. 2, p. 139-153, 2024.
2. ANCKAERT, E. et al. Extensive monitoring of the natural menstrual cycle using the serum biomarkers estradiol, luteinizing hormone and progesterone. *Practical Laboratory Medicine*, v. 25, e00211, 2021.
3. BANYARD, H. et al. The Effects of Aerobic and Resistance Exercise on Depression and Anxiety: Systematic Review With Meta-Analysis. *International Journal of Mental Health Nursing*, v. 34, n. 1, e70054, 2025.
4. BECKER, L. et al. Physiological Stress in Safer Cycling in Older Age (SiFAR-Stress): A Randomized Controlled Trial. *Journal of Applied Gerontology*, v. 44, n. 12, p. 1793-1804, 2025.
5. BERRIE, L. et al. Does cycle commuting reduce the risk of mental ill-health? An instrumental variable analysis using distance to nearest cycle path. *International Journal of Epidemiology*, v. 53, n. 1, p. dyad153, 2024.
6. BOGDANIS, G. et al. Acute and delayed hormonal and blood cell count responses to high-intensity exercise before and after short-term high-intensity interval training. *Research in Sports Medicine*, v. 30, n. 4, p. 400-414, 2022.
7. BRUINVELS, G. et al. Prevalence and frequency of menstrual cycle symptoms are associated with availability to train and compete: a study of 6812 exercising women recruited using the Strava exercise app. *British Journal of Sports Medicine*, v. 55, n. 8, p. 438-443, 2021.
8. BUNING, R. J.; GIBSON, H. Cycling: A path to physical activity through transportation, sport and leisure. In: *Routledge Handbook of Physical Activity and Public Health*. London: Routledge, 2018. p. 452-463.
9. BYUN, K. et al. Mild exercise improves executive function with increasing neural efficiency in the prefrontal cortex of older adults. *GeroScience*, v. 46, n. 1, p. 309-325, 2024.
10. CAAMAÑO-NAVARRETE, F. et al. Association between Active Commuting and Lifestyle Parameters with Mental Health Problems in Chilean Children and Adolescent. *Behavioral Sciences*, v. 14, n. 7, p. 554, 2024.

11. CAMPBELL, J.; TURNER, J. Debunking the myth of exercise-induced immune suppression: redefining the impact of exercise on immunological health across the lifespan. *Frontiers in Immunology*, v. 9, p. 648, 2018.
12. CAPLIN, A. et al. The effects of exercise intensity on the cortisol response to a subsequent acute psychosocial stressor. *Psychoneuroendocrinology*, v. 131, p. 105336, 2021.
13. CARDOSO, S.; FERNANDES, S.; TOMÁS, M. Therapeutic Importance of Exercise in Neuroplasticity in Adults with Neurological Pathology: Systematic Review. *International Journal of Exercise Science*, v. 17, n. 3, p. 1105-1119, 2024.
14. CERQUEIRA, É. et al. Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise-A Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, v. 10, p. 1550, 2020.
15. CHAN, H. et al. Event-related brain potentials reveal enhancing and compensatory mechanisms during dual neurocognitive and cycling tasks. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, v. 15, n. 1, p. 112, 2023.
16. CHAN, Y.; JANG, J.; HO, C. Effects of physical exercise on children with attention deficit hyperactivity disorder. *Biomedical Journal*, v. 45, n. 2, p. 265-270, 2022.
17. CHASTIN, S. et al. Effects of Regular Physical Activity on the Immune System, Vaccination and Risk of Community-Acquired Infectious Disease in the General Population: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, v. 51, n. 8, p. 1673-1686, 2021.
18. CHEN, S.; NAKAGAWA, S. Recent advances in the study of the neurobiological mechanisms behind the effects of physical activity on mood, resilience and emotional disorders. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, v. 32, n. 10, p. 1137-1148, 2023.
19. CICCHELLA, A.; STEFANELLI, C.; MASSARO, M. Upper Respiratory Tract Infections in Sport and the Immune System Response. A Review. *Biology*, v. 10, n. 5, p. 362, 2021.
20. D'ANDREA, S. et al. Endogenous transient doping: physical exercise acutely increases testosterone levels-results from a meta-analysis. *Journal of Endocrinological Investigation*, v. 43, n. 10, p. 1349-1371, 2020.
21. DA SILVEIRA, M. et al. Physical exercise as a tool to help the immune system against COVID-19: an integrative review of the current literature. *Clinical and Experimental Medicine*, v. 21, n. 1, p. 15-28, 2021.
22. DE SOUSA FERNANDES, M. et al. Effects of Physical Exercise on Neuroplasticity and Brain Function: A Systematic Review in Human and Animal Studies. *Neural Plasticity*, v. 2020, p. 8856621, 2020.
23. DEMENTYEV, F. et al. Middle school cycling program is associated with improved mental health and wellbeing in adolescents during COVID-19. *Frontiers in Sports and Active Living*, v. 5, p. 1255514, 2023.

24. DERMAN, W. et al. Risk factors associated with acute respiratory illnesses in athletes: a systematic review by a subgroup of the IOC consensus on 'acute respiratory illness in the athlete'. *British Journal of Sports Medicine*, v. 56, n. 11, p. 639-650, 2022.
25. DOCHERTY, S. et al. The effect of exercise on cytokines: implications for musculoskeletal health: a narrative review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, v. 14, n. 1, p. 64, 2022.
26. DRUMMOND, L. et al. Acute and chronic effects of physical exercise on IgA and IgG levels and susceptibility to upper respiratory tract infections: a systematic review and meta-analysis. *Pflugers Archiv*, v. 474, n. 12, p. 1221-1248, 2022.
27. EZZDINE, L. et al. Physical activity and neuroplasticity in neurodegenerative disorders: a comprehensive review of exercise interventions, cognitive training, and AI applications. *Frontiers in Neuroscience*, v. 19, p. 1502417, 2025.
28. FERRARI, R. Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing*, v. 24, n. 4, p. 230-235, 2015.
29. FIALA, O. et al. Beyond physical exhaustion: Understanding overtraining syndrome through the lens of molecular mechanisms and clinical manifestation. *Sports Medicine and Health Science*, v. 7, n. 4, p. 237-248, 2025.
30. FILGUEIRA, T. et al. The Relevance of a Physical Active Lifestyle and Physical Fitness on Immune Defense: Mitigating Disease Burden, With Focus on COVID-19 Consequences. *Frontiers in Immunology*, v. 12, p. 587146, 2021.
31. GARZA, A. et al. Acute exercise alters immune responses in older adults, with extracellular vesicle changes observed in a high-intensity intervention. *Frontiers in Immunology*, v. 16, p. 1661161, 2025.
32. GREENE, D. et al. A Comprehensive Review of Estradiol, Progesterone, Luteinizing Hormone, and Follicle-Stimulating Hormone in the Context of Laboratory Medicine to Support Women's Health. *Clinical Chemistry*, v. 71, n. 5, p. 567-582, 2025.
33. HERRERA-QUINTANA, L. et al. Sexual dimorphism in exercise-induced response on steroid hormones to a 24-week supervised concurrent training intervention. *European Journal of Clinical Investigation*, v. 55, n. 3, e14377, 2025.
34. HOUGH, J. et al. Reliability of salivary cortisol and testosterone to a high-intensity cycling protocol to highlight overtraining. *Journal of Sports Sciences*, v. 39, n. 18, p. 2080-2086, 2021.
35. JANECKO, E. et al. Physical Activity in Forest and Psychological Health Benefits: A Field Experiment with Young Polish Adults. *Forests*, v. 14, n. 9, p. 1904, 2023.
36. JEMNI, M. et al. Salivary endocrine response following a maximal incremental cycling protocol with local vibration. *PLoS ONE*, v. 15, n. 9, e0238051, 2020.

37. JEPPESEN, J. et al. Low energy availability increases immune cell formation of reactive oxygen species and impairs exercise performance in female endurance athletes. *Redox Biology*, v. 75, p. 103250, 2024.
38. KLASSON, C.; SADHIR, S.; PONTZER, H. Daily physical activity is negatively associated with thyroid hormone levels, inflammation, and immune system markers among men and women in the NHANES dataset. *PLoS ONE*, v. 17, n. 6, e0270221, 2022.
39. KLING, J. et al. Psychological responses to acute exercise in patients with stress-induced exhaustion disorder: a cross-over randomized trial. *BMC Psychiatry*, v. 25, n. 1, p. 72, 2025.
40. KUROWSKI, M. et al. Physical exercise, immune response, and susceptibility to infections-current knowledge and growing research areas. *Allergy*, v. 77, n. 9, p. 2653-2664, 2022.
41. LA TORRE, M. et al. The Potential Role of Nutrition in Overtraining Syndrome: A Narrative Review. *Nutrients*, v. 15, n. 23, p. 4916, 2023.
42. LEYLAND, L. et al. The effect of cycling on cognitive function and well-being in older adults. *PLoS ONE*, v. 14, n. 2, e0211779, 2019.
43. LIU, Y.; MCDONOUGH, D.; GAO, Z. Comparing college students' mood states among immersive virtual reality, non-immersive virtual reality, and traditional biking exercise. *PLoS ONE*, v. 19, n. 9, e0311113, 2024.
44. MARTÍN-RODRÍGUEZ, A. et al. Sporting Mind: The Interplay of Physical Activity and Psychological Health. *Sports*, v. 12, n. 1, p. 37, 2024.
45. NASH, D. et al. IL-6 signaling in acute exercise and chronic training: potential consequences for health and athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 33, n. 1, p. 4-19, 2023.
46. NIEMAN, D.; SAKAGUCHI, C. Physical activity lowers the risk for acute respiratory infections: Time for recognition. *Journal of Sport and Health Science*, v. 11, n. 6, p. 648-655, 2022.
47. SCHLAGHECK, M. et al. Cellular immune response to acute exercise: Comparison of endurance and resistance exercise. *European Journal of Haematology*, v. 105, n. 1, p. 75-84, 2020.
48. SHI, X. et al. Exercise workload: a key determinant of immune health - a narrative review. *Frontiers in Immunology*, v. 16, p. 1617261, 2025.
49. ST-AMOUR, S. et al. Acute effect of physical exercise on negative affect in borderline personality disorder: a pilot study. *Clinical Psychology in Europe*, v. 4, n. 2, e7495, 2022.
50. SUZUKI, K. et al. Characterization and Modulation of Systemic Inflammatory Response to Exhaustive Exercise in Relation to Oxidative Stress. *Antioxidants*, v. 9, n. 5, p. 401, 2020.

51. SUZUKI, K.; HAYASHIDA, H. Effect of Exercise Intensity on Cell-Mediated Immunity. *Sports*, v. 9, n. 1, p. 8, 2021.
52. TIEMEIER, L. et al. Ultra-Cycling- Past, Present, Future: A Narrative Review. *Sports Medicine - Open*, v. 10, n. 1, p. 28, 2024.
53. VAN RIPER, S. et al. Aerobic Exercise, Cognitive Performance, and Brain Activity in Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 55, n. 8, p. 1445-1455, 2023.
54. WEINSTEIN, A. et al. Affective Responses to Acute Exercise: A Meta-Analysis of the Potential Beneficial Effects of a Single Bout of Exercise on General Mood, Anxiety, and Depressive Symptoms. *Psychosomatic Medicine*, v. 86, n. 6, p. 486-497, 2024.
55. WEYH, C.; KRÜGER, K.; STRASSER, B. Physical Activity and Diet Shape the Immune System during Aging. *Nutrients*, v. 12, n. 3, p. 622, 2020.
56. XIONG, J. et al. Effects of physical exercise on executive function in cognitively healthy older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Nursing Studies*, v. 114, p. 103810, 2021.
57. YEN, H.; HUANG, H. Virtual cycling in urban green and blue vs gray spaces: the efficacy of mental health and physical activity. *Public Health*, v. 243, p. 105723, 2025.
58. YU, X. et al. Immunosenescence, Physical Exercise, and their Implications in Tumor Immunity and Immunotherapy. *International Journal of Biological Sciences*, v. 21, n. 3, p. 910-939, 2025.
59. ZHANG, Y. et al. Effects of exercise interventions on cognitive functions in healthy populations: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, v. 92, p. 102116, 2023.
60. ZHU, M.; CHEN, W.; ZHANG, J. Aerobic exercise, an effective intervention for cognitive impairment after ischemic stroke. *Frontiers in Aging Neuroscience*, v. 17, p. 1514271, 2025.