Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

Impacto do consumo excessivo de açúcares simples na fisiopatologia da lesão muscular em atletas

Impact of excessive simple sugar consumption on the pathophysiology of muscle injury in athletes

Impacto del consumo excesivo de azúcares simples en la fisiopatología de la lesión muscular en atletas

Julia de Jesus Santos[1]
Marina Tosi Aguiar[2]
Luiz Carlos Barone[3]
Karin Daniela De Oliveira[4]
Giovanni Antonio Castelani Pereira dos Santos[5]
Centro Universitário Módulo, Caraguatatuba, São Paulo, Brasil.
Autor principal e responsável pela submissão: juliajsantos06@gmail.com

Resumo:
A integridade estrutural e a capacidade de regeneração muscular são fundamentais para o desempenho esportivo e a recuperação de atletas. Embora o aporte de carboidratos seja amplamente recomendado na nutrição esportiva para a manutenção dos estoques de glicogênio e a recuperação energética, o consumo excessivo e frequente de açúcares simples, especialmente os provenientes de alimentos ultraprocessados e bebidas açucaradas, pode contribuir para alterações metabólicas e inflamatórias capazes de comprometer a homeostase do tecido musculoesquelético. O presente estudo teve como objetivo analisar a influência do consumo excessivo de açúcares simples na fisiopatologia da lesão muscular em atletas, investigando os possíveis mecanismos bioquímicos, inflamatórios e celulares relacionados ao comprometimento do reparo tecidual, bem como estratégias nutricionais potencialmente atenuantes. Trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa, realizada por meio de pesquisas nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO, ScienceDirect, MDPI, PLOS ONE, Portal de Periódicos CAPES e periódicos científicos especializados, utilizando descritores padronizados dos vocabulários MeSH e DeCS. Os estudos analisados apontam que a sobrecarga glicêmica, especialmente quando associada a padrões alimentares inadequados, pode favorecer um ambiente pró-inflamatório, alterações no equilíbrio redox e aumento do estresse oxidativo, além de estar relacionada a alterações em marcadores bioquímicos, como proteína C-reativa ultrassensível (hs-CRP), creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH). No âmbito estrutural, o acúmulo de produtos finais de glicação avançada (AGEs) pode favorecer a formação de ligações cruzadas no colágeno dos tecidos conjuntivos musculares, potencialmente alterando suas propriedades biomecânicas e sua capacidade de adaptação às cargas mecânicas. Adicionalmente, alterações na sinalização da insulina e no microambiente das células-satélite podem interferir nos processos de proliferação miogênica, síntese proteica e regeneração muscular. Em contrapartida, estratégias nutricionais que priorizam uma alimentação equilibrada, o consumo de alimentos ricos em compostos bioativos, como polifenóis, e a associação de carboidratos e proteínas podem contribuir para a modulação da resposta inflamatória e para a recuperação muscular. Conclui-se que o consumo excessivo e crônico de açúcares simples pode representar um fator metabólico desfavorável à homeostase musculoesquelética, embora sejam necessários estudos clínicos específicos com atletas para estabelecer sua influência direta sobre a incidência de lesões musculares e o tempo de recuperação. Dessa forma, a adequação do padrão alimentar constitui uma estratégia relevante para favorecer a saúde muscular e a recuperação esportiva.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

Palavras-chave:
Açúcares da Dieta. Lesões Esportivas. Dano Muscular. Produtos Finais de Glicação Avançada. Células-Satélite.

Abstract:
Structural integrity and muscle regeneration capacity are essential for athletic performance and recovery. Although carbohydrate intake is widely recommended in sports nutrition to maintain glycogen stores and support energy recovery, excessive and frequent consumption of simple sugars, particularly those found in ultra-processed foods and sugar-sweetened beverages, may contribute to metabolic and inflammatory alterations that compromise skeletal muscle homeostasis. This study aimed to analyze the influence of excessive simple sugar consumption on the pathophysiology of muscle injury in athletes, investigating the potential biochemical, inflammatory, and cellular mechanisms associated with impaired tissue repair, as well as potentially mitigating nutritional strategies. This study consists of a narrative literature review conducted through searches in PubMed/MEDLINE, SciELO, ScienceDirect, MDPI, PLOS ONE, the CAPES Journal Portal, and specialized scientific journals, using standardized descriptors from the MeSH and DeCS vocabularies. The analyzed studies suggest that glycemic overload, particularly when associated with inadequate dietary patterns, may promote a pro-inflammatory environment, alterations in redox balance, and increased oxidative stress, in addition to being associated with changes in biochemical markers such as high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP), creatine kinase (CK), and lactate dehydrogenase (LDH). At the structural level, the accumulation of advanced glycation end-products (AGEs) may promote collagen cross-linking in muscular connective tissues, potentially altering their biomechanical properties and their ability to adapt to mechanical loads. Furthermore, changes in insulin signaling and the satellite cell microenvironment may interfere with myogenic proliferation, protein synthesis, and muscle regeneration. Conversely, nutritional strategies based on a balanced diet, the consumption of foods rich in bioactive compounds, such as polyphenols, and the combination of carbohydrates and proteins may contribute to the modulation of inflammatory responses and muscle recovery. It is concluded that chronic and excessive simple sugar consumption may represent an unfavorable metabolic factor for skeletal muscle homeostasis, although further clinical studies involving athletes are needed to establish its direct influence on muscle injury incidence and recovery time. Therefore, dietary adequacy represents a relevant strategy for supporting muscle health and athletic recovery.

Keywords:
Dietary Sugars. Athletic Injuries. Muscle Damage. Advanced Glycation End-Products. Satellite Cells.

Resumen:
La integridad estructural y la capacidad de regeneración muscular son fundamentales para el rendimiento deportivo y la recuperación de los atletas. Aunque en nutrición deportiva se recomienda ampliamente el aporte de carbohidratos para mantener las reservas de glucógeno y recuperar la energía, el consumo excesivo y frecuente de azúcares simples, especialmente de alimentos ultraprocesados y bebidas azucaradas, puede contribuir a alteraciones metabólicas e inflamatorias capaces de comprometer la homeostasis del tejido musculoesquelético. Este estudio tuvo como objetivo analizar la influencia del consumo excesivo de azúcares simples en la fisiopatología de la lesión muscular en atletas, investigando los posibles mecanismos bioquímicos, inflamatorios y celulares relacionados con el deterioro de la reparación tisular, así como las estrategias nutricionales que podrían mitigarlo. Se realizó una revisión bibliográfica narrativa mediante búsquedas en PubMed/MEDLINE, SciELO, ScienceDirect, MDPI, PLOS

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

ONE, el Portal de Revistas CAPES y revistas científicas especializadas, utilizando descriptores normalizados de los vocabularios MeSH y DeCS. Los estudios analizados indican que la sobrecarga glucémica, especialmente cuando se asocia con patrones alimentarios inadecuados, puede favorecer un entorno proinflamatorio, alteraciones del equilibrio redox y un aumento del estrés oxidativo, además de asociarse con cambios en marcadores bioquímicos como la proteína C reactiva de alta sensibilidad (hs-CRP), la creatina quinasa (CK) y la lactato deshidrogenasa (LDH). En el plano estructural, la acumulación de productos finales de glicación avanzada (AGEs) puede favorecer la formación de enlaces cruzados en el colágeno de los tejidos conjuntivos musculares y alterar sus propiedades biomecánicas y su capacidad de adaptación a las cargas mecánicas. Asimismo, los cambios en la señalización de la insulina y en el microambiente de las células satélite pueden interferir en la proliferación miogénica, la síntesis de proteínas y la regeneración muscular. Por su parte, las estrategias nutricionales que priorizan una alimentación equilibrada, el consumo de alimentos ricos en compuestos bioactivos, como los polifenoles, y la combinación de carbohidratos y proteínas pueden contribuir a modular la respuesta inflamatoria y a favorecer la recuperación muscular. Se concluye que el consumo excesivo y crónico de azúcares simples puede constituir un factor metabólico desfavorable para la homeostasis musculoesquelética, aunque se requieren estudios clínicos específicos en atletas para establecer su influencia directa sobre la incidencia de lesiones musculares y el tiempo de recuperación. Por ello, adecuar el patrón alimentario constituye una estrategia relevante para favorecer la salud muscular y la recuperación deportiva.

Palabras clave:
Azúcares de la dieta. Lesiones deportivas. Daño muscular. Productos finales de glicación avanzada. Células satélite.

2 Introdução

A integridade estrutural e a capacidade regenerativa do sistema musculoesquelético constituem pilares determinantes para o rendimento físico e a longevidade funcional de atletas em modalidades de alta exigência mecânica. Tradicionalmente, o manejo nutricional no meio esportivo prioriza o aporte expressivo de carboidratos com o intuito de maximizar os estoques de glicogênio muscular e hepático pré e pós-esforço (Burke; Collier; Hargreaves, 2019). A manipulação do índice glicêmico (IG) dos alimentos consumidos durante o período de recuperação e nos treinos afeta diretamente a ressíntese de glicogênio e o desempenho subsequente (Burke; Collier; Hargreaves, 2019; Kaviani *et al.*, 2011). Não obstante, investigações contemporâneas nas áreas correlatas a bioquímica metabólica e imunologia têm evidenciado que o consumo crônico e desmedido de açúcares livres refinados — em particular a sacarose, a frutose e o xarope de milho — exerce efeitos deletérios no microambiente celular que extrapolam o balanço energético diário, levando a episódios inflamatórios recorrentes e declínios na capacidade de geração de força (Ma *et al.*, 2022; Hou *et al.*, 2025; Zhu et al., 2024).

A ingestão excessiva de açúcares simples atua como um potente modulador de vias inflamatórias sistêmicas e locais (Ma *et al.*, 2022). Sob flutuações hiperglicêmicas frequentes,

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

deflagram-se reações não enzimáticas entre açúcares redutores e grupamentos amina livres de proteínas estruturais (reação de Maillard), culminando na formação e no acúmulo de Produtos Finais de Glicação Avançada (*Advanced Glycation End-Products* - AGEs) (Olson *et al.*, 2021). A interação dos AGEs com o seu receptor transmembrana específico (RAGE) ativa cascatas intracelulares dependentes do fator nuclear kappa β (NF-κβ), desencadeando a superexpressão de citocinas pró-inflamatórias, como a interleucina-6 (IL-6), fator de necrose tumoral alfa (TNF-α) e interleucina-1 beta (IL-1β) (Ma *et al.*, 2022; P2Life, 2021).

Adicionalmente, estudos em atletas constatam correlações clínicas e laboratoriais diretas entre a ingestão elevada de frutose e glicose livres e o aumento significativo de biomarcadores inflamatórios séricos, a exemplo da proteína C-reativa ultrassensível (hs-CRP) e da adenosina desaminase (ADA) (Hou *et al.*, 2025). Esse estado de inflamação subclínica crônica é concomitante à sobrecarga mitocondrial nos miócitos, com geração acentuada de espécies reativas de oxigênio (EROs) e estabelecimento de estresse oxidativo, o qual compromete a integridade do sarcolema e exacerba os extravasamentos enzimáticos pós-esforço, refletidos em níveis aumentados de creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) (Baleeiro *et al.*, 2021; Sports Performance Bulletin, 2022). Em contrapartida, estratégias nutricionais que utilizam matrizes alimentares complexas ou com compostos bioativos/polifenóis (como o suco de cereja ácida, o leite achocolatado de baixo teor de gordura ou bebidas adoçadas com mel e suplementos de carboidrato combinados com proteína/whey) têm demonstrado capacidade de atenuar a dor muscular tardia (DOMS), acelerar a recuperação funcional e conter a elevação desses marcadores (Hemmatti et al., 2024; Fabre et al. , 2022; Liang et al., 2022; Molaeikhatabadi et al., 2022; Gao *et al.*, 2024).

Sob o prisma histológico e ultraestrutural, a deposição contínua de AGEs promove a formação de ligações cruzadas anômalas (*cross-links*) no colágeno tipo I e III, constituintes primordiais do endomísio, perimísio e epimísio (Olson *et al.*, 2021). Essa alteração arquitetural suprime a complacência e a viscoelasticidade tecidual, tornando os fascículos musculares e os tendões mais rígidos e vulneráveis a microrrupturas durante ciclos de contração excêntrica e sobrecargas biomecânicas. Fatores sistêmicos e comportamentais adicionais — como o consumo alimentar desequilibrado em atletas amadores ou a presença de patologias orais — também apresentam correlação epidemiológica com o aumento da ocorrência de lesões músculo-tendinosas em desportistas (Monteiro , 2022; Rodrigues et al., 2025). Concomitantemente, o estresse glicêmico e a resistência à insulina periférica perturbam o nicho

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

das células-satélite musculares, atenuando sua capacidade de proliferação e diferenciação miogênica reparadora (Olson *et al.*, 2021; Hou *et al.*, 2025).

Diante da necessidade de integrar os mecanismos citológicos, bioquímicos e clínicos que correlacionam o padrão dietético esportivo à suscetibilidade tecidual, justifica-se a realização de uma revisão bibliográfica aprofundada para elucidar as repercussões fisiopatológicas da sobrecarga glicêmica no músculo esquelético.

3 Objetivos

3.1 Objetivo geral

Analisar a influência do consumo excessivo de açúcares simples na fisiopatologia da lesão muscular em atletas, identificando os mecanismos bioquímicos, inflamatórios e celulares associados ao prejuízo do reparo tecidual, em contraste com estratégias nutricionais atenuantes de recuperação.

3.2 Objetivos específicos

a. Investigar as vias de estresse oxidativo e o comportamento de biomarcadores inflamatórios e de dano tecidual (hs-CRP, ADA, CK e LDH) decorrentes da sobrecarga dietética de glicose e frutose em desportistas;
b. Descrever os mecanismos de formação e acúmulo de Produtos Finais de Glicação Avançada (AGEs) e ativação do eixo AGE/RAGE na matriz extracelular muscular e no tecido conjuntivo adjacente;
c. Avaliar os impactos da rigidez da matriz colágena e da glicação na viscoelasticidade tecidual, força muscular e na biomecânica durante esforços de alta intensidade;
d. Elucidar as repercussões celulares do estresse glicêmico sobre o nicho das células-satélite, a homeostase mitocondrial do miócito e o papel compensatório de estratégias de suplementação de carboidratos com proteínas ou alimentos ricos em polifenóis/matrizes funcionais no dano e na dor muscular.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

4 Metodologia da revisão

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, exploratória, delineada como uma revisão bibliográfica narrativa da literatura científica, voltada à compreensão integrada de mecanismos biomoleculares, histopatológicos e clínicos.

O levantamento bibliográfico foi conduzido por meio de consultas eletrônicas a bases de dados nacionais e internacionais de referência em ciências da saúde e biomédicas: PubMed/MEDLINE (via *National Center for Biotechnology Information* - NCBI), SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), ScienceDirect/Elsevier, PLOS ONE, MDPI, Frontiers in Physiology e Portal de Periódicos CAPES. Adicionalmente, foram consultados periódicos especializados nas áreas de nutrição esportiva e fisiologia do exercício, como a *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva* (RBNE) e o *Journal of Human Kinetics*.

A identificação dos estudos foi realizada mediante a utilização de descritores padronizados nos vocabulários controlados *Medical Subject Headings* (MeSH) e Descritores em Ciências da Saúde (DeCS).. Empregou-se a seguinte chave de busca sintética estruturada:

"Açúcares-da-dieta", "Bebidas-adoçadas-com-açúcar", "Frutose", "Índice-glicêmico", "Músculo-esquelético", "Dano-muscular", "Lesões-esportivas", "Regeneração-muscular", "Inflamação", "Produtos-finais-de-glicação-avançada", "Estresse-oxidativo", "Proteína-C-reativa", "Creatina-quinase".

Para a seleção e refinamento dos artigos encontrados, foram estabelecidos os seguintes parâmetros:

a) Critérios de inclusão:

- Artigos originais (ensaios clínicos, estudos de coorte, transversais e experimentais *in vivo*/*in vitro*) e artigos de revisão sistemática ou narrativa;
- Publicações redigidas nos idiomas inglês e português;
- Estudos publicados no período compreendido entre 2006 e 2026, conferindo prioridade às evidências contemporâneas (últimos 5 anos), preservando-se marcos conceituais históricos consagrados de cinética do glicogênio;
- Trabalhos que investigaram diretamente os efeitos da ingestão de açúcares livres, bebidas açucaradas ou dietas de alta carga glicêmica sobre parâmetros inflamatórios, estresse oxidativo, rigidez miofascial, dano tecidual, sintomas gastrointestinais ou

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

regeneração muscular em populações atléticas, fisicamente ativas ou modelos celulares/animais representativos.

b) Critérios de exclusão:

- Artigos duplicados entre as bases de dados consultadas;
- Estudos sem aderência ao escopo celular, metabólico ou muscular proposto;
- Editoriais, cartas ao editor, resumos de eventos científicos sem artigo integral publicado e literatura cinzenta não indexada.

5 Desenvolvimento e discussão

A relação entre o aporte nutricional de carboidratos e a fisiologia do exercício é historicamente delineada pela necessidade de ressíntese de glicogênio muscular pós-esforço (Burke; Collier; Hargreaves, 2019). O índice glicêmico das barras e suplementos esportivos ingeridos na fase de recuperação altera significativamente o metabolismo e a eficiência do esporte no dia seguinte (Kaviani *et al.*, 2011). Todavia, a transição entre o papel bioenergético benéfico do carboidrato e a indução de patologias teciduais reside no padrão e na qualidade do consumo: enquanto a ingestão moderada e estratégica peri-treino visa a homeostase, a sobrecarga crônica de açúcares livres refinados (sacarose, glicose e xarope de milho rico em frutose) atua como um potente deflagrador de vias pró-inflamatórias e estresse oxidativo sistêmico (Ma *et al.*, 2022).

5.1 Biomarcadores séricos de dano muscular e resposta inflamatória sistêmica

A sobrecarga dietética de frutose e sacarose induz elevações significativas em mediadores inflamatórios circulantes e proteínas de fase aguda (Ma *et al.*, 2022). Em atletas de esportes coletivos e de alto impacto mecânico, a ingestão desproporcional de bebidas adoçadas correlaciona-se com níveis plasmáticos aumentados de proteína C-reativa ultrassensível (hs-CRP) e de adenosina desaminase (ADA) (Hou *et al.*, 2025). A hs-CRP elevada reflete um estado de inflamação subclínica crônica, o qual atenua a capacidade antioxidante celular e predispõe a musculatura esquelética a respostas inflamatórias exacerbadas diante do microtrauma mecânico habitual do treinamento (Sports Performance Bulletin, 2022).

Paralelamente, a suscetibilidade à disrupção do sarcolema sob estresse mecânico eleva os marcadores de extravasamento celular. A Creatina Quinase (CK) e a Lactato Desidrogenase

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

(LDH), amplamente empregadas no monitoramento da carga e recuperação do atleta, apresentaram cinética de depuração lentificada e picos mais elevados em indivíduos expostos a bebidas açucaradas (Baleeiro *et al.*, 2021). Em contraposição a esses efeitos negativos, intervenções de coingestão com carboidratos e proteínas (como a proteína whey nativa) demonstraram ser eficazes para atenuar o extravasamento de CK e LDH, reduzindo o dano muscular e controlando a resposta inflamatória plasmática durante torneios intensos como os de Rugby Sevens e em corredores de resistência (Fabre et al. , 2022; Liang et al., 2022).

Da mesma forma, o uso de alimentos funcionais ou bebidas enriquecidas com açúcares naturais e bioativos apresentou resultados altamente positivos na modulação da dor e do dano muscular. O consumo de bebida adoçada com mel em mulheres treinadas em força reduziu substancialmente a dor muscular e acelerou a recuperação do desempenho físico após lesão muscular induzida por exercício excêntrico (Hemmatti et al., 2024). Efeitos semelhantes de mitigação da dor muscular tardia (DOMS) e preservação do rendimento atlético foram observados com a oferta a curto prazo de leite achocolatado de baixo teor de gordura em jogadoras universitárias de badminton (Molaeikhatabadi et al., 2022).

5.2 Glicação avançada (AGEs/RAGE), decréscimo de força e modificações na matriz extracelular

No âmbito molecular e ultraestrutural, a exposição contínua a picos hiperglicêmicos favorece a ligação não enzimática de açúcares redutores a proteínas de meia-vida longa, como as fibras colágenas que são compostas por perimísio e o endomísio (reação de Maillard), originando os Produtos Finais de Glicação Avançada (AGEs) (Olson *et al.*, 2021). A incorporação de AGEs na matriz extracelular (MEC) acarreta duas consequências fisiopatológicas fundamentais:

a. **Alteração biomecânica e declínio funcional:** ocorre a formação de ligações cruzadas intramoleculares e intermoleculares anômalas (*cross-links*) no colágeno tipo I e III, enrijecendo a arquitetura tecidual. Essa perda de complacência e de viscoelasticidade reduz a capacidade da unidade músculo-tendínea de absorver energia durante a fase excêntrica da contração, predispondo desportistas a distensões musculares agudas e tendinopatias de sobrecarga (Olson *et al.*, 2021; Hou *et al.*, 2025). Além disso, evidências de estudos de coorte longitudinais associam o elevado consumo de açúcares

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

adicionados e suas fontes líquidas e sólidas a um declínio acelerado na força de preensão manual e comprometimento da função neuromuscular (Zhu et al., 2024);

b. **Ativação da via AGE/RAGE:** a interação ligante-receptor no miócito ativa a via do fator de transcrição NF-κβ, culminando na transcrição sustentada de citocinas inflamatórias (TNF-α, IL-6, IL-1β) e indução de estresse de retículo endoplasmático, impedindo a resolução fisiológica do processo inflamatório pós-exercício (Ma *et al.*, 2022; P2Life, 2021).

5.3 Fatores sistêmicos, manejo de ultrarresistência e matrizes bioativas de recuperação

Além dos impactos diretos do açúcar no miócito, a literatura destaca que o perfil nutricional global e hábitos de vida de atletas amadores e semiprofissionais (como praticantes de Flag Football) costumam demonstrar inadequações no consumo diário de macronutrientes e suplementação, o que aumenta a vulnerabilidade a lesões músculo-tendinosas (Rodrigues et al., 2025). Ademais, pesquisas revelam que a prática esportiva regular sem o devido cuidado bucal se associa a maior presença de patologias orais (como periodontite e cáries), as quais atuam como focos inflamatórios sistêmicos e se correlacionam significativamente com a incidência de lesões músculo-tendinosas em praticantes de atividade física (Monteiro , 2022).

Em provas de ultra-resistência (como ultramaratonas de trilha de um dia), o consumo de carboidratos intra-prova é essencial para sustentar a euglicemia; contudo, revisões sistemáticas apontam que doses excessivas ou a oferta desequilibrada de açúcares simples favorecem a ocorrência de desconfortos e problemas gastrointestinais graves, aumentando a sensação de fadiga geral (Arribalzaga et al., 2021). Em contraposição às bebidas esportivas tradicionais compostas exclusivamente por açúcares simples refinados, a utilização de soluções ricas em polifenóis, como o suco de cereja ácida (*tart cherry juice*), demonstrou promover melhora no metabolismo de substratos, redução do estresse oxidativo e otimização da recuperação funcional durante e após o exercício de ciclismo (Gao *et al.*, 2024).

5.4 Comprometimento das células-satélite e reparo miogênico

A regeneração muscular depende primordialmente do recrutamento, ativação e diferenciação das células-satélite quiescentes situadas entre a lâmina basal e o sarcolema miofibrilar. Em ambientes hiperglicêmicos caracterizados por resistência tecidual à insulina e estresse oxidativo, o nicho regenerativo é profundamente afetado:

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

a. A sinalização da cascata de fosforilação da Akt/mTOR, indispensável para a biossíntese proteica e hipertrofia compensatória, é atenuada pela fosforilação em serina do substrato do receptor de insulina 1 (IRS-1) mediada por citocinas inflamatórias;
b. O excesso de EROs mitocondriais deprime a proliferação das células precursoras miogênicas e prejudica a expressão coordenada de fatores de transcrição reguladores miogênicos (como Pax7, MyoD e Miogenina), retardando a fusão mioblástica e o reparo das miofibrilas lesadas (Olson *et al.*, 2021).

Como resultado, o miócito permanece por períodos prolongados em fase degenerativa, favorecendo a substituição das fibras contráteis por fibrose intersticial e tecido conjuntivo desorganizado, o que eleva a taxa de recidiva de lesões musculares em atletas submetidos a altas cargas de treinamento.

6 Considerações finais

Os achados reunidos nesta revisão indicam que o consumo excessivo e constante de açúcares simples atua como um fator determinante na patogênese das lesões musculares e no prejuízo da recuperação em praticantes de exercícios de alto rendimento. Longe de atuar apenas como um combustível energético, a sobrecarga de glicose, sacarose e frutose refinadas deflagra um ambiente celular pró-inflamatório caracterizado pelo aumento de biomarcadores séricos (hs-CRP, ADA, CK), estresse oxidativo exacerbado, perda de força e disfunção sarcolemar.

Além disso, a deposição crônica de AGEs compromete as propriedades biomecânicas da matriz extracelular ao induzir ligações cruzadas no colágeno, reduzindo a complacência do tecido muscular e aumentando sua vulnerabilidade a estiramentos mecânicos. Concomitantemente, o prejuízo no recrutamento das células-satélite e fatores associados (como patologia oral e erros no aporte nutricional) retardam a miogênese reparadora.

Dessa forma, evidencia-se a relevância de estratégias nutricionais esportivas que moderem a utilização de açúcares livres refinados, priorizando fontes de carboidratos complexos, proporções adequadas de carboidrato-proteína e matrizes alimentares ricas em compostos bioativos (como mel, leite achocolatado ou suco de cereja ácida). A restrição de açúcares refinados surge não apenas como uma diretriz de saúde metabólica geral, mas como uma ferramenta preventiva essencial para atenuar o risco de lesões miofasciais recidivantes e otimizar a regeneração tecidual em atletas.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

Referências

ARRIBALZAGA, Soledad et al. Relationship of Carbohydrate Intake during a Single-Stage One-Day Ultra-Trail Race with Fatigue Outcomes and Gastrointestinal Problems: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 11, p. 5737, 1 jan. 2021. Disponível em:https://www.mdpi.com/1660-4601/18/11/5737. Acesso em: 23 set. 2026.

BALEEIRO, Raianne dos Santos et al. Sucrose-Sweetened Drinks Reduce the Physical Performance and Increase the Cardiovascular Risk in Physically Active Males. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2021, p. 1–10, 9 mar. 2021. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7964112/ . Acesso em: 05 out. 2026.

BURKE, L. M.; COLLIER, G. R.; HARGREAVES, M. Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 2, p. 1019–1023, 1 ago. 1993. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8226443/ Acesso em: 07 sett. 2026.

FABRE, Marina et al. Effects of Native Whey Protein and Carbohydrate Supplement on Physical Performance and Plasma Markers of Muscle Damage and Inflammation during a Simulated Rugby Sevens Tournament: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled, Crossover Study. **Nutrients**, v. 14, n. 22, p. 4780, 11 nov. 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-6643/14/22/4780 . Acesso em: 29 set. 2026.

GAO, Ruirui et al. The effect of tart cherry juice compared to a sports drink on cycling exercise performance, substrate metabolism, and recovery. **PLOS ONE**, v. 19, n. 8, p. e0307263, 14 ago. 2024. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0307263 . Acesso em: 07 set. 2026.

GOOGLE LLC. **Gemini**. Versão 1.5 Pro. : Google LLC, 2026. Ferramenta de inteligência artificial utilizada como suporte na revisão gramatical e estilística do texto. Disponível em: https://gemini.google.com. Acesso em: 29 de out. 2026.

HAMILTON, Andrew. Sugar and athletes: not so sweet truths about inflammation. **Sports Performance Bulletin,** 2022. Disponível em: https://www.sportsperformancebulletin.com/nutrition/nutrition-for-endurance-athletes/sugar-and-athletes-not-so-sweet-truths-about-inflammation. Acesso em: 16 set. 2026.

HEMMATI, Hadis et al. Effect of a honey-sweetened beverage on muscle soreness and recovery of performance after exercise-induced muscle damage in strength-trained females. **Frontiers in Physiology**, v. 15, 17 set. 2024. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2024.1426872/full. Acesso em: 16 set. 2026.

HOU, Jun et al. Dietary simple sugar intake, metabolic indicators, markers of inflammation, and injury among semi-professional football players. **Food & Nutrition Research**, v. 69, 27 jan. 2025. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11836781/. Acesso em: 19 out. 2026.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 30/10/2026 | aceito: 06/11/2026 | publicação: 11/11/2026

KAVIANI, Mojtaba et al. The Glycemic Index of Sport Nutrition Bars Affects Performance and Metabolism During Cycling and Next-Day Recovery. **Journal of Human Kinetics**, v. 66, n. 1, p. 69–79, 27 mar. 2019. Disponível em: https://johk.pl/?p=4941 . Acesso em: 29 set. 2026.

LIANG, Yiheng et al. Effects of carbohydrate and protein supplement strategies on endurance capacity and muscle damage of endurance runners: A double blind, controlled crossover trial. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 19, n. 1, p. 623–637, 12 out. 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36250147/ . Acesso em: 19 out. 2026.

MA, Xiao et al. Excessive intake of sugar: An accomplice of inflammation. **Frontiers in Immunology**, v. 13, n. 13, 31 ago. 2022. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9471313/ . Acesso em: 19 out. 2026.

MOLAEIKHALETABADI, Maryam et al. Short-Term Effects of Low-Fat Chocolate Milk on Delayed Onset Muscle Soreness and Performance in Players on a Women's University Badminton Team. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 6, p. 3677, 19 mar. 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/1660-4601/19/6/3677 . Acesso em: 05 out. 2026.

MONTEIRO, Marina Leal Veloso. Hábitos alimentares dos praticantes de atividade desportiva regular e sua relação com presença de patologia oral e lesão músculo-tendinosa. **Egas Moniz School of Health and Science (Portugal) ProQuest Dissertations & Theses**, 2015. 30998688. https://www.proquest.com/openview/b96586b2a2768e465b099bb41179b14a/1 . Acesso em: 07 set. 2026.

OLSON, Lucas C. et al. Advanced Glycation End-Products in Skeletal Muscle Aging. **Bioengineering**, v. 8, n. 11, p. 168, 1 nov. 2021. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8614898/. Acesso em: 29 set. 2026.

RODRIGUES, Julia N.; CONDE, Simara Rufatto. Relação entre o consumo alimentar, suplementação e lesões em atletas de Flag Football no Brasil. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 19, n. 117, p. 407–423, 14 ago. 2025. Disponível em: https://www.rbne.com.br/index.php/rbne/pt/article/view/2500 . Acesso em: 01 out. 2026.

The Bittersweet Truth about Sugar and Athletes | P2Life. Disponível em: https://www.p2life.com/blogs/blog/the-bittersweet-truth-about-sugar-for-swimmers. Acesso em: 19 out. 2026.

ZHU, Lin et al. Association of added sugar intake and its forms and sources with handgrip strength decline among middle-aged and older adults: A prospective cohort study. **Clinical Nutrition**, v. 43, n. 7, p. 1609–1617, 5 abr. 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261561424001092. Acesso em: 23 set. 2026.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.