

O IMPACTO DO BAIXO CONSUMO ENERGÉTICO RELATIVO NOS BIOMARCADORES BIOQUÍMICOS DE TESTOSTERONA E CORTISOL EM ATLETAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVAJúlia Farret Refosco Zanatta¹, Giuseppe Potrick Stefani²**RESUMO**

O conceito de Deficiência Energética Relativa no Esporte (RED-S), introduzido em 2014, ampliou a Tríade da Mulher Atleta para ambos os sexos, resultando de baixa disponibilidade energética e causando disfunções hormonais, metabólicas e reprodutivas, afetando negativamente a saúde e o desempenho. Sendo assim, o objetivo foi realizar uma revisão integrativa de literatura sobre o impacto do baixo consumo energético relativo nos biomarcadores bioquímicos de testosterona e cortisol em atletas. Foram realizadas coletas de artigos referente ao impacto do baixo consumo energético relativo nos biomarcadores bioquímicos de testosterona e cortisol em atletas sobre o tema tratado utilizando as bases de dados PubMed e Web of Science, com termos indexados como "Athletes", "RED-S", "Biomarkers", "Cortisol" e "Testosterone". Dos 15 artigos inicialmente encontrados, 8 foram excluídos, resultando em 7 artigos incluídos para a revisão integrativa, que abrangem um total de 267 atletas, sendo 229 homens e 38 mulheres, com idades médias em torno de 30 anos. A maioria dos estudos demonstrou que a baixa disponibilidade energética leva a um aumento do cortisol e uma diminuição da testosterona, especialmente em atletas de elite e resistência, destacando os riscos de RED-S e o impacto no desempenho esportivo e saúde. A baixa disponibilidade energética impacta negativamente os biomarcadores hormonais, como o aumento do cortisol e a diminuição da testosterona, particularmente em atletas de elite e resistência, reforçando a necessidade de estratégias nutricionais adequadas para otimizar o desempenho e prevenir os riscos associados ao RED-S.

Palavras-chave: Deficiência energética relativa no esporte. RED-S. Atletas. Testosterona. Cortisol.

E-mail dos autores:
jufarret@gmail.com
giuseppe.stefani@pucrs.br

ABSTRACT

The impact of relatively low energy intake on testosterone and cortisol biochemical biomarkers in athletes: an integrative review

The concept of Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S), introduced in 2014, expanded the Female Athlete Triad to both sexes, resulting in low energy availability and causing hormonal, metabolic and reproductive dysfunctions, negatively affecting health and performance. Therefore, the objective was to conduct an integrative literature review on the impact of low relative energy intake on the biochemical biomarkers of testosterone and cortisol in athletes. Articles regarding the impact of low relative energy intake on the biochemical biomarkers of testosterone and cortisol in athletes on the subject were collected using the PubMed and Web of Science databases, with indexed terms such as "Athletes", "RED-S", "Biomarkers", "Cortisol" and "Testosterone". Of the 15 articles initially found, 8 were excluded, resulting in 7 articles included for the integrative review, covering a total of 267 athletes, 229 men and 38 women, with an average age of around 30 years. Most studies have shown that low energy availability leads to an increase in cortisol and a decrease in testosterone, especially in elite and endurance athletes, highlighting the risks of RED-S and the impact on sports performance and health. Low energy availability negatively impacts hormonal biomarkers, such as increased cortisol and decreased testosterone, particularly in elite and endurance athletes, reinforcing the need for adequate nutritional strategies to optimize performance and prevent the risks associated with RED-S.

Key words: Relative energy deficiency in sport. RED-S. Athletes. Testosterone. Cortisol.

1 - Escola de Ciências da Saúde e da Vida, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
2 - Grupo de Pesquisa em Estudos Olímpicos (GPEO), Escola de Ciências da Saúde e da Vida, PUC Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

A “Tríade da Mulher Atleta” foi inicialmente definida em 1992 pelo American College of Sports Medicine (ACSM) como uma condição composta por distúrbios alimentares, amenorreia e osteoporose, especialmente em atletas do sexo feminino que competem em modalidades que valorizam a magreza (West, 1998).

No entanto, estudos subsequentes questionaram se essa baixa disponibilidade energética estaria associada exclusivamente a distúrbios alimentares formais ou se poderia ocorrer em atletas sem esse diagnóstico (Souza, e colaboradores, 2014).

Em 2014, o conceito evoluiu para Deficiência Energética Relativa no Esporte (RED-S), abrangendo homens e mulheres e reconhecendo os efeitos da baixa energia em vários sistemas fisiológicos (Elliott-Sale e colaboradores, 2018).

O RED-S ocorre quando o balanço energético do atleta não é suficiente para suprir as demandas metabólicas, seja por restrições dietéticas intencionais ou pela alta demanda de atividades físicas.

Esse desequilíbrio impacta a saúde óssea, reprodutiva, cardiovascular e imunológica, além de afetar a função cognitiva (Elliott-Sale e colaboradores, 2018).

A baixa disponibilidade energética é definida como a ingestão de energia subtraída do gasto energético dividido pela massa livre de gordura (Dave e Fisher, 2022).

Atletas de esportes de resistência e aqueles que exigem controle de peso corporal, como natação, ciclismo e remo, frequentemente enfrentam riscos maiores de RED-S devido ao desequilíbrio prolongado entre demanda energética elevada e ingestão insuficiente, o que pode levar à Síndrome de Overtraining (OTS) e sintomas semelhantes, como fadiga crônica (Stellingwerff e colaboradores, 2021).

As adaptações hormonais resultantes do RED-S afetam homens e mulheres de maneiras diferentes. Mulheres com menos de 30 kcal/kg de massa livre de gordura por dia têm maior probabilidade de sofrer amenorreia, enquanto os homens apresentam níveis reduzidos de testosterona, o que pode resultar em hipogonadismo secundário (Dave e Fisher, 2022).

Além disso, o RED-S pode causar osteoporose e fraturas por estresse em

mulheres, devido à baixa densidade mineral óssea e hipoestrogenismo crônico (Dave e Fisher, 2022).

A medição da disponibilidade energética é um processo complexo devido a vários fatores variáveis, como intensidade de treinamento e estilo de vida. Estudos mostram que uma ingestão inferior a 30 kcal/kg de massa livre de gordura por dia pode comprometer o funcionamento hormonal, prejudicando a saúde e o desempenho (Coelho e colaboradores, 2021).

Para os homens, concentrações de testosterona abaixo de 8 nmol/L indicam deficiência clínica, sendo que valores entre 8-12 nmol/L representam uma zona cinzenta (Dave e Fisher, 2022).

O RED-S é um problema multifatorial que impacta não apenas a saúde óssea e reprodutiva, mas também a função imunológica e cognitiva.

Sua prevalência entre atletas que buscam a magreza é significativa, e a conscientização e monitoramento são essenciais para mitigar seus efeitos na saúde e no desempenho esportivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura através de estudos referentes a aplicação do impacto do baixo consumo energético relativo nos biomarcadores bioquímicos de testosterona e cortisol em atletas.

Esse método de pesquisa foi definido para que haja um grande aporte de informações sobre o tema e para um maior e melhor levantamento de artigos que tratem do tema escolhido (Tavares de Souza e colaboradores, 2010).

Os artigos foram pesquisados em outubro de 2024, utilizando as bases de dados Pubmed e Web of Science.

Para a busca dos artigos científicos foram utilizados os seguintes termos indexados e seus sinônimos para busca em língua inglesa no Medical Subject Headings (MeSH), aplicados ao título e resumo, para seleção dos artigos: “Athletes”, “Athlete”, “Professional Athletes”, “Athletes”, “Professional”, “Professional Athlete”, “Elite Athletes”, “Athlete, Elite”, “Athletes, Elite”, “Elite Athlete”, “College Athletes”, “Athlete, College”, “Athletes, College”, “College Athlete”, “Relative Energy Deficiency in Sport”, “RED-S”, “RED S”, “RED-Ss”, “RED-S Relative Energy Deficiency in

Sport", "RED S Relative Energy Deficiency in Sport", "Biomarkers", "Biomarker", "Biological Marker", "Markers, Biological", "Biological Markers", "Biologic Markers", "Markers, Biologic", "Biologic Marker", "Markers, Clinical", "Clinical Marker", "Marker, Clinical", "Clinical Markers", "Surrogate Markers", "Marker, Surrogate", "Surrogate Marker", "Markers, Surrogate", "Surrogate Endpoints", "Endpoints, Surrogate", "Surrogate Endpoint", "Endpoint, Surrogate", "Surrogate End Point", "End Point, Surrogate", "Markers, Immunologic", "Immune Marker", "Marker, Immune", "Immune Markers", "Markers, Immune", "Immunologic Marker", "Immunologic Markers", "Markers, Laboratory", "Laboratory Marker", "Marker, Laboratory", "Laboratory Markers", "Serum Markers", "Marker, Serum", "Serum Marker", "Markers, Serum", "Viral Markers", "Viral Marker", "Marker, Viral", "Markers, Viral", "Biochemical Marker", "Marker, Biochemical", "Biochemical Markers", "Markers, Biochemical". Depois, combinamos esses termos principais com outros dois termos, primeiro, termos relacionados ao Cortisol e depois termos associados a testosterona, que são os hormônios que iremos avaliar posteriormente: "Hydrocortisone", "Pregn-4-ene-3,20-dione", "11,17,21-trihydroxy", "(11beta)", "Cortisol", "Cortifair", "Cortril", "Hydrocortisone", "(9 beta,10 alpha,11 alpha) -Isomer", "Hydrocortisone", "(11 alpha)-Isomer", "Epicortisol", "11-Epicortisol", "11 Epicortisol", "Cortef" e "Testosterone", "17-beta-Hydroxy-4-Androsten-3-one", "17 beta Hydroxy 4 Androsten 3 one", "Testosterone Sulfate", "Sustanon", "8-Isotestosterone", "8 Isotestosterone", "17-beta-Hydroxy-8 alpha-4-Androsten-3-one", "17 beta Hydroxy 8 alpha 4

Androsten 3 one", "Androderm", "AndroGel", "Andropatch", "Androtop", "Histerone", "Sterotate", "Testim", "Testoderm", "Testolin", "Testopel".

Os critérios de inclusão estabelecidos para esta revisão integrativa foram: estudos transversais e de coorte, redigidos em inglês, português ou espanhol, sem restrição quanto ao ano de publicação, por se tratar de um tema atual.

Por outro lado, os critérios de exclusão englobaram ensaios clínicos, protocolos, estudos de caso-controle, estudos piloto ou quase-experimentais, bem como pesquisas realizadas com animais e estudos do tipo revisão.

Os artigos que atenderam aos critérios foram escolhidos para uma análise completa. O processo de análise envolveu a leitura detalhada dos estudos e a coleta de informações de cada pesquisa, incluindo autores/data, amostra, aspectos metodológicos e principais achados.

Dessa forma, foi possível identificar elementos relevantes durante a leitura dos estudos.

RESULTADOS

Conforme a Figura 1, a busca dos artigos foi realizada nas duas bases de dados definidas (Pubmed e Web of Science) e no final da procura foram encontrados 15 artigos referentes ao tema.

Em seguida, foram excluídos 8 artigos, por serem revisão sistemática, protocolo e duplicatas, resultando em 7 artigos para a realização da revisão integrativa.

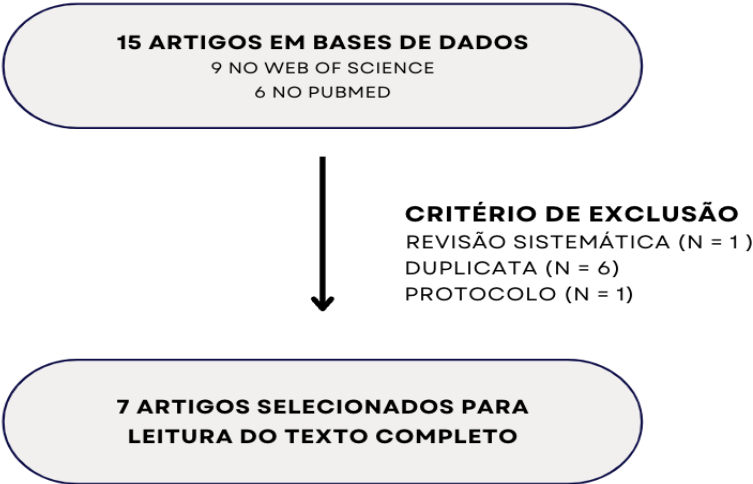


Figura 1 - Fluxograma da estratégia de busca e seleção de estudos incluídos para a revisão integrativa. Características dos estudos.

Um, dos 8 artigos, foi eliminado durante a leitura na íntegra por se tratar de um plano de pesquisa ou protocolo que está sendo conduzido e ainda não apresenta resultados ou conclusões, a coleta de dados e a análise ainda não foram feitas, sendo assim, o número total de participantes dos estudos revisados foi de 267, dos quais 229 eram homens e 38

mulheres. Em todos os estudos a idade mínima era de 18 anos, e a média de idade ficou em 30 anos. Claramente a maioria dos atletas estudados eram homens.
Uma revisão geral dos artigos selecionados e suas principais características podem ser encontrados no quadro 1:

Quadro 1 - Características dos estudos selecionados para a revisão integrativa de literatura.

Estudo (Autores)	Amostra	Média de consumo energético	Tempo de exposição a baixa disp. energética	Desfecho de Biomarcadores	Conclusão do estudo
(Torstveit e colaboradores, 2019)	53 atletas masculinos de resistência (16 corredores, 32 ciclistas e 5 triatletas), recrutados de clubes esportivos regionais competitivos.	Consumo entre 2.397 e 3.771 kcal/dia.	4 dias	↑ Cortisol ↓ Testosterona	LEA ⇒ Indicativo de um estado mais catabólico com efeitos negativos na composição corporal e no desempenho atlético.
(Varga e colaboradores, 2020)	38 atletas de elite, mulheres escandinavas (dinamarquesas e suecas), com idades entre 18 e 38 anos, que treinavam no mínimo cinco vezes por semana.	Foi considerado um estado de baixa disponibilidade energética para participantes com menos de 45 kcal/kg de massa magra por dia.	Informação não disponível.	↑ Cortisol ↓ Testosterona	Cortisol e lipídeos em jejum têm associações significativas, LEA altera metabolismo e equilíbrio hormonal.
(Stenqvist e colaboradores, 2020)	22 ciclistas bem-treinados do sexo masculino, com idade média de 33,5 ± 6,6 anos, altura média de 181,4 ± 5,2 cm e peso médio de 76,5 ± 7,4 kg. Estudo acabou com 20 participantes.	A ingestão média foi de aproximadamente 3.015 kcal/dia antes e 3.021 kcal/dia após a intervenção. Aproximadamente 40 kcal/kg/dia.	4 semanas.	↓ RMR ↑ Cortisol ↓ Testosterona	Aumento nos níveis de cortisol e uma redução em marcadores como a RMR associados a baixa disponibilidade energética.

(Lane e colaboradores, 2021)	60 participantes homens amadores (27 corredores, 21 ciclistas, 7 triatletas, 5 que treinavam modalidades combinadas)	28,7 ± 13,4 kcal/kg de massa livre de gordura	Alimentação monitorada por 4 dias (2 dias de semana e 2 de final de semana)	Cortisol não foi avaliado. Testosterona normal.	Não apresentaram grandes distúrbios hormonais, da saúde óssea ou alto risco para RED-S.
(Stenqvist e colaboradores, 2021)	44 atletas olímpicos noruegueses de elite, com idade média de 24,7 ± 3,8 anos, peso corporal médio de 81,3 ± 15,9 kg e percentual de gordura corporal de 13,7 ± 5,8%.	Informação não disponível no estudo.	3 meses (janeiro a março de 2018).	↑ Cortisol ↓ Testosterona	Baixa testosterona presente em quase todos os atletas com baixa RMR. LEA pode ser presente com ou sem comportamentos de deficiência energética.
(McKay e colaboradores, 2022)	28 atletas de elite da marcha atlética masculina (n = 28) Divididos em 3 grupos: CON (n=10), LCHF (n=8) e LEA (n=10).	Grupo controle (CON) e LCHF: 40 kcal/kg de massa livre de gordura por dia. Grupo LEA: 15 kcal/kg de massa livre de gordura por dia.	6 dias	↑ Cortisol ↓ Testosterona	Curto período ⇒ Nenhuma alteração substancial em pouco tempo. Desfavorável ⇒ Ferro, imunidade e estresse ao exercício.
(Sesbreno e colaboradores, 2023)	22 jogadores de vôlei indoor do sexo masculino com mais de 18 anos. (n=22)	34,9 ± 9,5 kcal/kg/dia para o grupo com testosterona baixa. 31,6 ± 7,5 kcal/kg/dia para o grupo com testosterona normal.	5 dias	↑ Cortisol ↓ Testosterona	Atletas correm risco de LEA durante fase competitiva. Testosterona total baixa não se associou a LEA.

Legenda: ↑ Aumenta; ↓ diminui; LEA, baixa disponibilidade energética; RMR, taxa metabólica de repouso.

DISCUSSÃO

A presente revisão integrativa traz uma contribuição significativa para a compreensão do impacto do baixo consumo energético relativo nos biomarcadores bioquímicos de testosterona e cortisol em atletas.

Ao reunir evidências atuais sobre como a disponibilidade energética afeta os níveis hormonais de testosterona e cortisol, este trabalho avança na área ao destacar a importância do equilíbrio energético para a saúde hormonal e desempenho esportivo.

Isso é especialmente relevante para atletas de alto rendimento que estão sujeitos a intensas demandas físicas e nutricionais, podendo estar em risco de RED-S.

Quanto ao nível de treinamento nos artigos Stenqvist e colaboradores, 2021; McKay e colaboradores, 2022; Sesbreno e colaboradores, 2023; Varga e colaboradores, 2020, foram considerados atletas de elite, no estudo de Torstveit e colaboradores, 2019 os

participantes foram categorizados como bem treinados, com um nível de desempenho classificado como nível 4, que corresponde a um alto nível competitivo regional ou nacional.

Os critérios de inclusão exigiam que os atletas tivessem um consumo máximo de oxigênio (VO₂ máximo) superior a 55 mL/kg/min e uma frequência de treinamento de pelo menos quatro sessões por semana no ano anterior à pesquisa.

Nos artigos de Lane e colaboradores, 2021 e Stenqvist e colaboradores, 2020, os participantes foram também descritos como bem treinados, mas não eram atletas de elite.

Eles eram ciclistas, corredores ou praticantes de triatlo que competiam em nível regional ou nacional. De acordo com a classificação de desempenho usada, os participantes estavam no nível 3 a 4, o que indica um alto nível de condicionamento físico, mas não o nível de elite internacional.

Os desenhos dos estudos também variaram consideravelmente. Quatro dos sete

estudos incluídos foram de natureza transversal, ou seja, estudos que analisaram os participantes em um único ponto no tempo, sem avaliação de intervenção no grupo de participantes. Estes estudos foram voltados para o levantamento de dados de marcadores fisiológicos e bioquímicos associados à baixa disponibilidade energética. Dois estudos seguiram o desenho prospectivo de ensaio controlado, e um estudo foi ensaio clínico controlado.

No que diz respeito aos biomarcadores de testosterona e cortisol, a maioria dos estudos revisados observou o baixo consumo energético relativo e a diminuição dos níveis de testosterona, particularmente em atletas do sexo masculino. Ao mesmo tempo, o cortisol apresentou um aumento significativo em resposta aos níveis insuficientes de energia disponível, indicando um estado catabólico elevado. Essas alterações hormonais podem ser particularmente prejudiciais para o desempenho esportivo e a saúde a longo prazo dos atletas.

Segundo Haff e colaboradores (2003) a suplementação de carboidratos regula hormônios durante e após o treinamento resistido, especialmente em atletas.

O motivo estaria voltado pela atenuação do aumento do cortisol, hormônio catabólico elevado em situações de baixa energia, ao reduzir a necessidade de gliconeogênese.

Além disso, a suplementação de carboidratos induz sinalização para preservação dos níveis de testosterona total, fundamentais para recuperação e desempenho, evitando eventuais quedas transitórias causadas pela depleção de glicogênio (Haff e colaboradores, 2003).

Os artigos avaliados destacam a importância de diferenciar os efeitos do baixo consumo energético entre atletas de diferentes níveis e modalidades, com os atletas de resistência sendo mais suscetíveis a alterações hormonais e metabólicas. O risco de desenvolver RED-S foi mais pronunciado em atletas de elite, especialmente devido ao alto

volume de treino combinado com ingestão calórica insuficiente. Esses atletas apresentaram múltiplos marcadores de RED-S, como baixos níveis séricos de testosterona e aumento de cortisol plasmático pela manhã. Essas alterações podem comprometer o desempenho e a saúde, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e estratégias nutricionais adequadas. A resposta hormonal diferenciada entre amadores e profissionais também é crucial para entender os impactos a longo prazo.

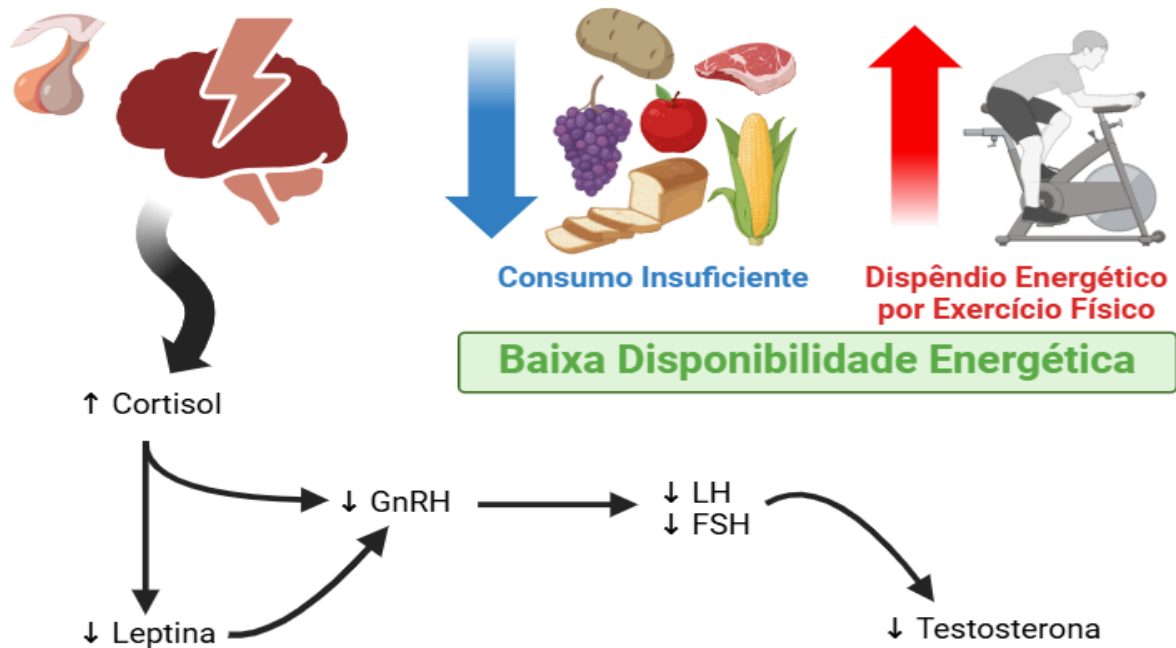
Nos atletas amadores, entretanto, não foi identificada uma queda significativa nos hormônios anabólicos, como a testosterona, mesmo em condições de baixa disponibilidade energética. Isso sugere que a resposta hormonal pode variar com o nível de treinamento e a intensidade das demandas físicas impostas aos atletas.

Em contraste, nos atletas de elite, a relação entre o aumento dos níveis de cortisol e a diminuição da testosterona foi mais evidente, o que impactou diretamente o desempenho, os indicadores de saúde e o metabolismo basal.

No estudo de Kraemer e Ratamess (2005) foi demonstrado que a redução dos níveis de cortisol aumenta a liberação do hormônio do crescimento em resposta ao hormônio liberador do hormônio do crescimento. O efeito da suplementação de carboidratos na resposta aguda subsequente de cortisol ao exercício de resistência foi estudado.

A resposta aguda do cortisol foi limitada com uma solução de carboidrato de 6% durante o exercício de resistência, e que um grupo suplementado com carboidrato experimentou maiores ganhos em hipertrofia ao longo de 12 semanas de treinamento de resistência. Relataram uma resposta de cortisol atenuada durante 3 dias de suplementação de carboidratos e treinamento de resistência.

No entanto, nem todos os estudos mostraram uma atenuação da resposta aguda de cortisol ao exercício de resistência com suplementação de carboidratos.



Created in BioRender.com bio

Figura 2 - Resumo dos efeitos observados em estudos transversais com atletas sobre o efeito de baixa disponibilidade energética prolongada sobre biomarcadores bioquímicos.

Foi sugerido que a suplementação de carboidratos durante exercícios de resistência reduz a demanda por gliconeogênese, reduzindo assim a necessidade de cortisol. Embora mais pesquisas sejam necessárias, existem algumas evidências que apoiam a suplementação de carboidratos durante exercícios de resistência para limitar a resposta aguda do cortisol (Kraemer e Ratamess, 2005).

Para ilustrar melhor a relação do presente estudo, é possível observar na Figura 2 os efeitos da baixa disponibilidade energética sobre estes biomarcadores bioquímicos.

Como limitações deste estudo, reconhecemos que não foram incluídas todas as bases de dados disponíveis, o que pode restringir a abrangência das evidências apresentadas.

A ausência da base de dados, Embase, por exemplo, pode ter limitado a identificação de estudos relevantes adicionais, o número baixo de estudos bem como o tempo de exposição a longo prazo e pode ter sido pouco prejudicado pelo pequeno número de mulheres nos estudos.

No entanto, essas limitações não comprometem as conclusões do trabalho, que

reforçam a importância do equilíbrio energético para a manutenção de níveis hormonais adequados e a prevenção de RED-S em atletas de alto rendimento.

CONCLUSÃO

Os resultados destacam que a baixa disponibilidade energética impacta diretamente os biomarcadores hormonais em atletas, com elevação do cortisol e redução da testosterona, especialmente em esportistas de elite e resistência, colocando-os em um estado catabólico que compromete tanto o desempenho quanto a recuperação.

Esses achados reforçam a necessidade de um acompanhamento nutricional especializado e contínuo, já que o olhar atento de um nutricionista pode identificar precocemente sinais de desequilíbrios hormonais e ajustar a ingestão energética de maneira personalizada.

Um planejamento nutricional adequado não apenas otimiza a performance, mas também protege a saúde metabólica dos atletas, prevenindo os riscos associados à Deficiência Energética Relativa no Esporte (RED-S).

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

- 1-Coelho, A.R.; Cardoso, G.; Brito, M.E.; Gomes, I.N.; Cascais, M.J. The Female Athlete Triad/Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S). *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetricia*, Vol. 43, Num. 5. 2021. p. 395-402.
- 2-Dave, S.C.; Fisher, M. Relative energy deficiency in sport (RED-S). *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*. Vol. 52. Num. 8. 2022. p. 1-11.
- 3-Elliott-Sale, K.J.; Tenforde, A.S.; Parziale, A.L.; Holtzman, B.; Ackerman, K.E. Endocrine effects of relative energy deficiency in sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, Vol. 28, Num. 4. 2018. p. 335-349.
- 4-Haff, G.G.; Lehmkuhl, M.J.; McCoy, L.B.; Stone, M.H. Carbohydrate Supplementation and Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 17. Num. 1. 2003. p. 187-196.
- 5-Kraemer, W.J.; Ratamess, N.A. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*. Vol. 35. Num. 4. 2005. p. 339-361.
- 6-Lane, A.R.; Hackney, A.C.; Smith-Ryan, A.E.; Kucera, K.; Register-Mihalik, J.K.; Ondrak, K. Energy Availability and RED-S Risk Factors in Competitive, Non-elite Male Endurance Athletes. Vol. 1. Num. 1. 2021. p. 25-32.
- 7-McKay, A.K.A.; Peeling, P.; Pyne, D.B.; Tee, N.; Whitfield, J.; Sharma, A.P.; Heikura, I.D.A.A.; Burke, L.M. Six Days of Low Carbohydrate, Not Energy Availability, Alters the Iron and Immune Response to Exercise in Elite Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 54. Num. 3. 2022. p. 377-387.
- 8-Sesbreno, E.; Blondin, D.P.; Dziedzic, C.; Sygo, J.; Haman, F.; Leclerc, S.; Brazeau, A.S.; Mountjoy, M. Signs of low energy availability in elite male volleyball athletes but no association with risk of bone stress injury and patellar tendinopathy. *European Journal of Sport Science*. Vol. 23. Num. 10. 2023. p. 2067-2075.
- 9-Souza, M.J.; Nattiv, A.; Joy, E.; Misra, M.; Williams, N.I.; Mallinson, R.J.; Gibbs, J.C.; Olmsted, M.; Goolsby, M.; Matheson, G. Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International conference held in San Francisco, California. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 48. Num. 4. 2014. p. 289-309.
- 10-Stellingwerff, T.; Heikura, I.A.; Meeusen, R.; Berman, S.; Seiler, S.; Mountjoy, M.L.; Burke, L. M. Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared Pathways, Symptoms and Complexities. *Sports Medicine*. Vol. 51. Num. 11. 2021. p. 2251-2280.
- 11-Stenqvist, T.B.; Torstveit, M.K.; Faber, J.; Melin, A.K. Impact of a 4-Week Intensified Endurance Training Intervention on Markers of Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) and Performance Among Well-Trained Male Cyclists. *Frontiers in Endocrinology*. Vol. 11. 2020. p. 1-11.
- 12-Stenqvist, T.B.; Melin, A.K.; Garthe, I.; Slater, G.; Paulsen, G.; Iraki, J.; Areta, J.; Torstveit, M.K. Prevalence of surrogate markers of relative energy deficiency in male Norwegian Olympic-level athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 31. Num. 6. 2021. p. 497-506.
- 13-Tavares de Souza, M.; Dias da Silva, M.; Carvalho, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer? *Einstein*. Vol. 8. Num. 1. 2010. p. 102-106.
- 14-Torstveit, M.K.; Fahrenholtz, I.L.; Lichtenstein, M.B.; Stenqvist, T.B.; Melin, A.K. Exercise dependence, eating disorder symptoms and biomarkers of Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S) among male endurance athletes. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*. Vol. 5. Num. 1. 2019. p. 1-8.
- 15-Varga, T.V.; Ali, A.; Herrera, J.A.R.; Ahonen, L.L.; Mattila, I.M.; Al-Sari, N.H.; Legido-Quigley, C.; Skouby, S.; Brunak, S.; Tornberg, Å.B. Lipidomic profiles, lipid trajectories and clinical biomarkers in female elite endurance athletes.

Scientific Reports. Vol. 10. Num. 1. 2020. p. 1-9.

16-West, R.V. The Female Athlete The Triad of Disordered Eating, Amenorrhoea and Osteoporosis. Sports Medicine. Vol. 26. Num. 2. 1998. p. 63-71.

Autor Correspondente
Giuseppe Potrick Stefani.
giuseppe.stefani@pucrs.br
Grupo de Pesquisa em Estudos Olímpicos (GPEO).
Escola de Ciências da Saúde e da Vida.
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, Rio Grande do sul, Brasil.

Recebido para publicação em 27/01/2025
Aceito em 21/03/2025