

**IMPACTO DA DEFICIÊNCIA RELATIVA DE ENERGIA RELACIONADA AO ESPORTE (RED-S)
SOBRE PARÂMETROS BIOQUÍMICOS EM ATLETAS DE HANDEBOL PROFISSIONAL
DE UMA UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA DO VALE DO ITAJAÍ - SC**

Bruno Frantz Safanelli¹, Enrico de Oliveira Becker¹, Giovana Vechi²

RESUMO

O déficit energético apresenta consequências fisiológicas deletérias, que no contexto esportivo pode levar à Deficiência de Energia Relativa no Esporte (RED-S), impactando a saúde e a performance esportiva. Visando compreender se o déficit energético pode impactar exames laboratoriais de atletas de handebol, foi conduzido o presente estudo transversal quantitativo com atletas adultos de handebol do sexo masculino. Todos os atletas adultos do time de handebol de uma universidade comunitária de Itajaí-SC foram convidados a participar da pesquisa. De acordo com seu consumo alimentar, composição corporal e dispêndio de energia no exercício foi calculado a disponibilidade de energia (DE) e conforme o resultado os atletas foram divididos em dois grupos: disponibilidade de energia baixa (DEB), sendo os atletas com DE abaixo de 30 kcal/kg e disponibilidade de energia adequada (DEA) sendo aqueles que possuíam DE acima de 30 kcal/kg. Foram coletados concomitantemente exames bioquímicos. 14 participantes completaram todas as etapas do estudo, dos quais 10 foram designados ao grupo DEB e 4 no grupo DEA. Foi observado uma disparidade entre os grupos nos resultados de perfil lipídico, cortisol, testosterona total e testosterona livre. Ambos os grupos apresentaram baixos níveis de vitamina D. Os parâmetros de hemograma, leucograma, plaquetas, volume plaquetário, ferritina, hormônio tireoestimulante, creatinina, ureia, TGO, TGP e glicemia não mostraram alterações. Concluiu-se que houve uma tendência de redução nos níveis de testosterona e piores resultados de lipidograma no grupo DEB, sugerindo um impacto fisiológico desse desbalanço energético nos parâmetros bioquímicos.

Palavras-chave: Marcadores bioquímicos. Atletas. Nutrição no esporte. Avaliação nutricional. Handebol.

1 - Discente do Curso de Nutrição da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, Santa Catarina, Brasil.

ABSTRACT

Impact of Sport-Related Relative Energy Deficiency (SRD) on Biochemical Parameters in Professional Handball Athletes from a Community University in the Itajaí Valley - SC

Energy deficit presents deleterious physiological consequences, which in the sports context may lead to Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S), impacting both health and athletic performance. Aiming to understand if the energy deficit can influence the levels of biochemical parameters in handball athletes, this quantitative cross-sectional study was conducted with adult male handball athletes. All adult athletes from the handball team of a community university in Itajaí-SC were invited to participate in the research. Based on their dietary intake, body composition, and energy expenditure during exercise, energy availability (EA) was calculated, and according to the results, the athletes were divided into two groups: low energy availability (LEA), being athletes with EA below 30 kcal/kg, and adequate energy availability (AEA), being those with EA above 30 kcal/kg. Biochemical tests were collected simultaneously. 14 participants completed all stages of the study, of which 10 were assigned to the LEA group and 4 to the AEA group. Disparity was observed between the groups in the results of lipid profile, cortisol, total testosterone and free testosterone. Both groups presented low levels of vitamin D. The parameters of complete blood count, white blood cell count, platelets, platelet volume, ferritin, thyroid-stimulating hormone, creatinine, urea, SGOT, SGPT, and glucose showed no alterations. It was concluded that there was a tendency for reduced testosterone levels and worse lipid profile results in the DEB group, suggesting a physiological impact of this energy imbalance on biochemical parameters.

Key words: Biochemical markers. Athletes. Sports nutrition. Nutritional evaluation. Handball.

INTRODUÇÃO

O handebol é um esporte olímpico que se apresenta como uma prática esportiva coletiva de invasão que demanda dos atletas precisão, eficiência, força e velocidade em campo, sendo, ainda, necessária a organização tática dos jogadores para o desempenho esportivo (Arnaoutis e colaboradores, 2024; González, Darido, Oliveira, 2017).

Considerando essas demandas que ampliam a intensidade do esporte, existe um considerável aumento na necessidade energética total dos atletas. Essas alterações energéticas tornam a nutrição dos atletas um fator essencial para otimizar a reposição de energia e a recuperação muscular (Quaresma e colaboradores, 2025).

A disponibilidade de energia (DE), quando inferior ao gasto calórico, apresenta consequências em alguns aspectos fisiológicos, especialmente quando há necessidade energética aumentada, como no caso de atletas.

O prolongamento da restrição calórica pode levar à diversos prejuízos para saúde e desempenho esportivo (Villareal e colaboradores, 2016; Shabkhizan e colaboradores, 2023).

No esporte, quando a disponibilidade de energia é insuficiente, pelo baixo consumo calórico, essa condição pode levar a Deficiência de Energia Relativa no Esporte (RED-S), uma síndrome que pode causar prejuízos à saúde óssea e cardiovascular, à imunidade, à síntese proteica e ao metabolismo, tendo ainda potencial de causar prejuízo no desempenho esportivo, uma vez que aumenta a chance de lesões, diminui a força muscular e as reservas de glicogênio, sendo obstáculo tanto para performance quanto para a recuperação após a atividade física (Mountjoy e colaboradores, 2023).

O déficit afeta negativamente também o sistema endócrino. Em atletas, isso pode se manifestar como irregularidades menstruais em mulheres, redução da libido e dos níveis de testosterona em homens, diminuição da taxa metabólica de repouso e aumento da suscetibilidade a infecções (Heikura, Stellingwerff, Areta, 2022).

Do ponto de vista do desempenho, a baixa disponibilidade de energia prejudica a

capacidade de recuperação, diminui a força muscular, reduz a resistência e afeta a coordenação e a concentração, o que é particularmente deletério para uma modalidade complexa como o handebol (Logue e colaboradores, 2020).

Na busca por compreender se existe impacto ocasionado pelo déficit energético nos exames bioquímicos dos atletas, o presente estudo visa analisar a disponibilidade energética e compará-la com marcadores bioquímicos de atletas de handebol.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo transversal quantitativo foi realizado com um grupo de atletas de handebol de uma instituição de ensino superior no município de Itajaí-SC.

Todos os atletas do time adulto (n=19), acima de 18 anos, foram convidados a participar da pesquisa e assinaram o TCLE (termo de consentimento livre e esclarecido). A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética da Univali sob parecer número 6.590.117.

Entre fevereiro e julho de 2024 foi realizado a coleta de dados referente ao recordatório de ingestão habitual e o exame de ultrassom Bodymetrix®, para análise de composição corporal.

Essa coleta ocorreu no ginásio da instituição, antes do treinamento dos atletas, em dia marcado com o treinador. Os dados de consumo alimentar foram avaliados com o auxílio do programa Webdiet®, enquanto a análise dos dados de composição corporal foi realizada através do software Bodymetrix®.

Os dados acima mencionados foram coletados e avaliados conforme Mafrá, Martins; Vechi (2024) e foram utilizados neste trabalho para calcular a disponibilidade de energia - DE (Energy Availability - EA) e determinar quais atletas possuíam uma disponibilidade de energia baixa, que está relacionado com RED-S.

O cálculo para determinar a DE dos atletas se dá pela fórmula de Loucks e colaboradores (2013):

Ingestão de Energia (kcal) – Dispendio de Energia no Exercício (kcal)
Massa Livre de Gordura (kg)

A ingestão de energia - IE (Energy Intake - EI) foi obtida no recordatório de ingestão habitual. O dispendio de energia no exercício foi estimado em 450 kcal, obtido através da média de dispendio calórico individual dos atletas, segundo o cálculo do equivalente metabólico - MET (Herrmann e colaboradores, 2024), utilizando o MET de valor 4, considerando 2 horas de treino de handebol.

O peso de massa livre de gordura em quilogramas que foi obtido através do exame de ultrassom (Bodymetrix®). O resultado da DE se deu em calorias por quilo (kcal/kg) e foi classificado de acordo com Mountjoy e colaboradores (2023) em: disponibilidade energética baixa - DEB (Low energy availability - LEA) quando estavam com valor abaixo de 30 kcal/kg e disponibilidade energética adequada - DEA quando estavam com valor acima de 30 kcal/kg.

Após este cálculo, todos os dados foram tabulados e os atletas foram divididos em dois grupos: os atletas que apresentaram valor abaixo de 30 kcal/kg, sendo designados como Grupo DEB, e os atletas com valores acima de 30 kcal/kg como Grupo DEA.

O segundo momento desta pesquisa aconteceu em outubro de 2024, quando foi realizada a coleta de exames bioquímicos no laboratório de análises clínicas da instituição, com data previamente marcada junto ao treinador e aos atletas.

Os exames bioquímicos realizados foram: eritrograma, leucograma, plaquetas, volume plaquetário médio (VPM), cálcio iônico, glicose em jejum, lipidograma, transaminase glutâmico-oxalacética (TGO) e transaminase glutâmico-pirúvica (TGP), creatinina sérica e

ureia sérica, ferritina, cortisol sérico basal, testosterona total e livre, hormônio tireoestimulante (TSH), cobalamina e 25-hidróxi-vitamina D. Os valores de referência utilizados foram os mesmos operados pelo laboratório escola da instituição.

Os dados foram tabulados por meio do programa Microsoft Excel® e foi realizada uma análise descritiva de cada atleta em relação a disponibilidade energética e aos valores laboratoriais de referência.

A partir desta análise, foram obtidos a média e o desvio padrão de cada grupo (DEA e DEB) em relação aos parâmetros bioquímicos, que foram avaliados como adequados ou inadequados com base nos valores de referência utilizados.

RESULTADOS

Participaram de todas as etapas do estudo um total de 14 atletas (n=14) de handebol, sendo todos do sexo masculino, com idade média de 20,57±2 anos.

No grupo de disponibilidade energética baixa (DEB) se enquadraram 10 atletas (n=10), apresentando uma disponibilidade de energia média de 15,73 kcal/kg, enquanto o grupo com disponibilidade energética adequada (DEA) apresentou 4 atletas (n=4) com a disponibilidade de energia média de 35,95 kcal/kg.

No Quadro 1 se apresentam os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros bioquímicos por grupo. É possível observar que o único parâmetro que se apresentou acima da referência foi de testosterona livre no grupo DEA.

Quadro 1 - Resultado e análise dos parâmetros dos grupos DEA e DEB.

Parâmetros	Valor de Referência	Grupo DEA (Média ± DP)	Análise DEA	Grupo DEB (Média ± DP)	Análise DEB
Hemácias	4,50 a 5,90 milhões /mm ³	5,12 ± 0,08	A	5,115 ± 0,26	A
Hemoglobina	13,5 a 17,5 g/dL	14,75 ± 0,81	A	14,51 ± 0,60	A
Hematócrito	41,0 a 53,0 %	42,13% ± 2,12	A	42,45% ± 1,67	A
VGM	80,0 a 100,0 fL	82,325 ± 5,50	A	83,06 ± 2,34	A
HGM	26,0 a 34,0 pg	28,825 ± 2,03	A	28,42 ± 1,57	A
CHCM	32,0 a 36,0 g/dL	35 ± 0,24	A	34,19 ± 1,14	A

RBNE
Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

RDW	11,5 a 14,5 %	12,63% ± 0,81	A	12,79% ± 0,61	A
Leucócitos totais	4000 a 10000 /mm ³	6272,5 ± 1079,80	A	6879 ± 1568,29	A
Segmentados	1800 a 10000 /mm ³	3141,5 ± 882,04	A	3436,2 ± 1156,51	A
Linfócitos típicos	1000 a 5000 /mm ³	2311,5 ± 566,98	A	2648,8 ± 762,58	A
Monócitos	80 a 1200 /mm ³	485,5 ± 75,11	A	576,1 ± 152,73	A
Eosinófilos	0 a 600 /mm ³	282,25 ± 175,30	A	173,8 ± 88,38	A
Basófilos	0 a 200 /mm ³	50 ± 10,98	A	41,5 ± 20,09	A
Granulócitos imaturos IG	0 a 100 /mm ³	0,015 ± 0,01	A	0,018 ± 0,01	A
Plaquetas	140.000 a 400.000 /mm ³	251.750 ± 42.851,48	A	257.800 ± 54.664,23	A
VPM	8,1 a 12,2 fL	9,325 ± 0,32	A	9,77 ± 0,77	A
Cálcio iônico	1,00 a 1,38 mmol/L	1,19 ± 0,02	A	1,187 ± 0,04	A
Glicose em jejum	70,0 a 105,0 mg/dL	92,875 ± 8,35	A	89,38 ± 6,31	A
Colesterol total	< 190 mg/dL	137,5 ± 25,49	A	164,7 ± 58,61	A
HDL	> 40 mg/dL	48,75 ± 5,12	A	46,3 ± 5,29	A
LDL	< 130 mg/dL	74,75 ± 25,13	A	102,4 ± 52,05	A
VLDL	< 40mg/dL	14 ± 5,60	A	17,25 ± 9,04	A
Triglicerídeos	>19 anos: < 150 mg/dL	70 ± 27,54	A	79,9 ± 42,15	A
Transaminase oxalacética (TGO/AST)	13,0 a 39,0 U/L	27,15 ± 5,06	A	28,49 ± 10,78	A
Transaminase pirúvica (TGP/ALT)	7,0 a 52,0 U/L	23,625 ± 3,83	A	21,29 ± 6,63	A
Creatinina sérica	0,70 a 1,30 mg/dL	1,105 ± 0,07	A	1,117 ± 0,20	A
Uréia sérica	14,98 a 53,50 mg/dL	31,978 ± 11,43	A	37,516 ± 6,76	A
Ferritina sérica	22,0 a 280,0 ng/mL	92,35 ± 24,80	A	105,1 ± 49,27	A
Cortisol sérico - basal	Manhã: 5,3 a 22,5 mcg/dL	20,65 ± 3,59	A	15,14 ± 6,05	A
Testosterona total	Homens Adultos: 165 a 753 ng/dL	735,5 ± 144,96	A	15,14 ± 200,37	A
Testosterona livre	21 a 49 anos: 3,03 a 14,80 ng/dL	16,68 ± 1,61	Acima da referência	11,688 ± 3,09	A
Hormônio tireoestimulante (TSH)	Adultos: 0,48 a 5,60 µUI/mL	2,44 ± 1,52	A	2,39 ± 1,44	A
Cobalamina (Vitamina B12)	172,0 a 890,0 pg/mL	442 ± 129,62	A	420,33 ± 95,63	A

Vitamina D3 - 25 hidroxi	20,0 a 60,0 ng/mL	29,37 ± 11,23	A	26,44 ± 5,48	A
--------------------------	-------------------	---------------	---	--------------	---

Legenda: Grupo DEA: disponibilidade energética adequada; Grupo DEB: disponibilidade energética baixa; A: Adequado; μ UI: micro-unidade internacional; dl: decilitro; fL: femtolitros; g: gramas; L: litro; mcg: micrograma; mg: miligramas; mL: mililitro; mm³: milímetros cúbicos; mmol: milimoles; ng: nanograma; pg: picograma; pg: picogramas; U: unidade.

DISCUSSÃO

A maioria (n=10) dos participantes deste estudo se encontrava no grupo DEB, em conformidade com a literatura que aponta a baixa disponibilidade energética como uma condição recorrente em atletas do sexo masculino, especialmente naqueles inseridos em modalidades com elevada demanda energética ou que exigem controle rigoroso do peso corporal.

O presente estudo encontrou uma prevalência de 71,43% para o grupo DEB. em comparação, Mountjoy e colaboradores (2023) estimaram um predomínio de 15 a 70% de atletas do sexo masculino com indicadores de RED-S, a depender da modalidade esportiva.

Nesse sentido, os resultados encontrados neste estudo se somam à literatura ao demonstrar que a baixa disponibilidade energética não é um evento isolado, mas sim uma realidade comum em diferentes contextos esportivos masculinos, com potenciais repercussões para a saúde e o desempenho (Burke e colaboradores, 2018).

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 1, não foram encontradas diferenças entre os grupos no que se refere aos parâmetros de leucograma (leucócitos totais, segmentados, linfócitos, monócitos, eosinófilos, basófilos e granulócitos), plaquetas e volume plaquetário, ferritina, hormônio tireoestimulante, creatinina, ureia, TGO, TGP, glicemia e os parâmetros do hemograma (hemácias, hemoglobina, hematócrito, VGM, HGM, CHCM, RDW e NRBC).

É importante ressaltar que, apesar de não ter sido observada inadequação no hemograma para o grupo DEB, é esperado uma maior propensão a desenvolver anemia em atletas com baixo consumo energético, uma vez que esse déficit está relacionado ao aumento dos níveis de hepcidina, podendo causar uma redução nos níveis de ferro.

A deficiência de ferro pode levar ao comprometimento da produção de hemoglobina e, por consequência, redução no

transporte de oxigênio, podendo causar um impacto negativo no desempenho esportivo (Sim e colaboradores, 2019; Solberg, Reikvam, 2023).

Os exames relativos ao lipidograma apresentaram uma variação considerável entre os grupos, com perfil lipídico pior em todos os parâmetros no grupo com consumo energético ≤ 30 kcal/kg.

É importante ressaltar que um dos atletas do grupo DEB apresentou alterações para os exames de colesterol total, LDL-colesterol e triglicerídeos, o que influencia em parte deste resultado, conforme evidenciado pelo desvio-padrão.

Outro fator que pode estar relacionado é a qualidade da dieta consumida, visto que uma ingestão energética insuficiente pode ser acompanhada de escolhas alimentares inadequadas, como maior consumo de gorduras saturadas e menor consumo de fibras, o que impacta negativamente o perfil lipídico (Schoenck, Iggman, 2021).

Em relação ao cortisol, no grupo com consumo energético insuficiente, a média encontrada para o cortisol sérico é inferior em relação ao Grupo DEA.

Embora se espere um aumento temporário nos níveis de cortisol em um período agudo de déficit calórico, o estudo de Fontana e colaboradores (2015), conduzido ao longo de dois anos, apontou que o estado crônico de DEB tende a normalizar esse aumento, identificando-o como transitório.

O horário de treino dos atletas avaliados era das 22:00 à 00:00, fator que deve ser considerado, visto que o exercício noturno próximo ao horário de sono está relacionado com o aumento na produção de cortisol imediatamente após o treino (Perrier e colaboradores, 2024).

No entanto, o estudo de Anderson e colaboradores (2023) apresentaram uma tendência de redução nos níveis séricos de cortisol durante a manhã após o treino noturno, diminuindo a resposta de cortisol ao despertar, o que pode ser resultado de maior absorção

celular do glicocorticoide ou de contra regulação hormonal.

As evidências indicam que níveis mais elevados de testosterona podem conferir uma vantagem atlética, estando associados a maior força, potência e velocidade, além de influenciar positivamente fatores psicoemocionais, como motivação, foco e dominância (Bezuglov e colaboradores, 2023).

No presente estudo foi observado que os parâmetros hormonais séricos de testosterona total e livre se encontram em disparidade entre os grupos. O grupo com DEB apresenta média menor em ambos os exames.

Este resultado está alinhado com a literatura, que demonstra que a restrição energética em atletas pode impactar negativamente os níveis de testosterona, devido à menor disponibilidade de substratos necessários para sua produção.

Essas reduções provavelmente se devem a disfunções no eixo hipotálamo-hipófise-gonadal (HPG) (Isola e colaboradores, 2025; Cupka, Sedliak, 2023).

Em contrapartida, o grupo com disponibilidade energética adequada (DEA) apresentou médias de testosterona total e livre superiores, situando-se inclusive acima do valor de referência para testosterona livre.

Esse achado pode ser explicado pelo adequado estado energético desses atletas, uma vez que a manutenção de uma ingestão calórica compatível com o gasto energético diário favorece a preservação das funções endócrinas e a produção hormonal normal. (Isola e colaboradores, 2025).

No entanto, cabe ressaltar que, no presente estudo, não foi realizado controle sobre o possível uso de hormônios ou agentes ergogênicos pelos atletas, o que representa um fator potencial de interferência nos resultados hormonais obtidos.

O resultado obtido para cobalamina não demonstrou grande variação entre os dois grupos e está de acordo com as recomendações.

Além disso, ambos os grupos se enquadram dentro do período de 400 e 700 pg/mL, o qual está associado a parâmetros hematológicos adequados.

No entanto, não há evidências de que valores mais elevados de cobalamina tragam benefício adicional à performance esportiva quando os parâmetros do hemograma já se encontram normais (Krzywański e colaboradores, 2020).

Os níveis encontrados para 25-hidróxi-vitamina D foram próximos entre os dois grupos, de modo que ambos apresentaram a média abaixo dos valores considerados ideais, que seria expresso em um intervalo acima de 30 ng/mL para a população geral (Holick e colaboradores, 2011; Li e colaboradores, 2024).

Em atletas, recomenda-se que os níveis séricos de vitamina D também se mantenham acima desse valor (≥ 30 ng/mL) visto que concentrações entre 21 e 29 ng/mL são classificadas como insuficientes enquanto valores ≤ 20 ng/mL indicam deficiência (Quaresma e colaboradores, 2025).

Baixos níveis de vitamina D podem comprometer o desempenho cardiovascular e respiratório, aumentar o risco de lesões, fraturas e infecções do trato respiratório e podem afetar diretamente a força e o desempenho muscular, sendo que, para atletas com deficiência, a suplementação provavelmente melhora determinados parâmetros de performance.

Além disso, em atletas lesionados, a insuficiência dessa vitamina parece atrasar a reabilitação e a recuperação após cirurgia ortopédica (Yagüe e colaboradores, 2020; Quaresma e colaboradores, 2025).

Níveis subótimos de vitamina D são observados tanto em atletas que treinam principalmente em ambientes fechados e em latitudes mais altas, quanto naqueles que treinam ao ar livre em latitudes mais baixas. O quadro de RED-S pode estar associado com a insuficiência de vitamina D em atletas devido a uma menor ingestão do nutriente (Wang e colaboradores, 2024).

No entanto, deve-se considerar que outros fatores influenciam seus níveis, como a exposição à luz solar. Considerando que os atletas avaliados mantêm uma rotina de treino noturna, essa deficiência pode estar relacionada a uma menor exposição solar (Yagüe e colaboradores, 2020).

De modo geral, os resultados deste estudo reforçam que a disponibilidade energética é um fator determinante para a manutenção da função endócrina e metabólica em atletas de modalidades coletivas, como o handebol.

Embora a maioria dos parâmetros bioquímicos tenha permanecido dentro da normalidade, deve-se considerar que o público avaliado neste estudo é jovem e o impacto de

seus hábitos alimentares podem se manifestar progressivamente ao longo da vida.

A tendência de menores valores de testosterona total e livre entre os atletas em estado de DEB sugere um possível comprometimento hormonal que, a longo prazo, pode impactar negativamente o desempenho e a composição corporal.

Ainda, o achado de insuficiência generalizada de vitamina D entre ambos os grupos evidencia a exigência de um risco adicional para a saúde óssea e imunológica desses atletas, o que reforça a importância de estratégias nutricionais e comportamentais voltadas à correção desse quadro.

CONCLUSÃO

Conclui-se, a partir do estudo, que os atletas do Grupo DEB apresentaram menores níveis de testosterona e piores valores de perfil lipídico entre os atletas com DEB.

Esses resultados indicam repercussões fisiológicas importantes do estado energético inadequado e reforçam que o aporte calórico e o acompanhamento nutricional adequado são fundamentais para preservar o equilíbrio hormonal, o desempenho e a saúde geral de atletas.

Recomenda-se que futuros estudos ampliem o número amostral, controlem variáveis relacionadas à suplementação e ao uso de ergogênicos e avaliem de forma longitudinal os efeitos da baixa disponibilidade energética sobre parâmetros hormonais e de performance.

REFERÊNCIAS

- 1-Anderson, T.; Vrshek-Schallhorn, S.; Adams, W.M.; Goldfarb, A.H.; Wideman, L. The effect of acute exercise on the cortisol awakening response. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 123. Num. 05. 2023. p. 1027-1039.
- 2-Arnaoutis, G.; Alepoudea, M.; Tambalis, K.D.; Sidossis, L.S. Dietary Intake, Body Composition, and Nutritional Knowledge of Elite Handball Players. *Nutrients*. Vol. 16. Num. 16. 2024. p. 1-16.
- 3-Bezuglov, E. The relationship of testosterone levels with sprint performance in young professional track and field athletes. *Physiology & Behavior*. Vol. 271. 2023. p. 1-14.
- 4-Burke, L.M.; Close, G.L.; Lundy, B.; Mooses, M.; Morton, J.P.; Tenforde, A.S. Relative Energy Deficiency in Sport in Male Athletes: A Commentary on Its Presentation Among Selected Groups of Male Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. Vol. 28. Num. 4. 2018. p. 364-374.
- 5-Cupka, M.; Sedliak, M. Hungry runners - low energy availability in male endurance athletes and its impact on performance and testosterone: mini-review. *Eur J Transl Myol*. Vol. 33. Num. 2. 2023. p. 1-9.
- 6-Fontana, L.; Villareal, D.T.; Das, S.K.; Smith, S.R.; Meydani, S.N.; Pittas, A.G.; Klein, S.; Bhapkar, M.; Rochon, J.; Ravussin, E.; Holloszy, J.O. Effects of 2-year calorie restriction on circulating levels of IGF-1, IGF-binding proteins and cortisol in nonobese men and women: a randomized clinical trial. *Aging Cell*. Vol. 15. Num. 1. 2015. p. 22-27.
- 7-González, F.J.; Darido, S.C.; Oliveira, A.A.B. Esportes de invasão. 2a edição. Maringá. Editora da Universidade Estadual de Maringá. 2017.
- 8-Heikura, I.A.; Stellingwerff, T.; Areta, J.L. Low energy availability in female athletes: From the lab to the field. *Eur J Sport Sci*. Vol. 22. Num. 5. 2022. p. 709-719.
- 9-Herrmann, S.D.; Willis, E.A.; Ainsworth, B.E.; Barreira, T.V.; Hastert, M.; Kracht, C.L.; Schuna Junior, J.M.; Cai, Z.; Quan, M.; Tudor-Locke, C.; Whitt-Glover, M.C.; Jacobs Junior, D. R. 2024 Adult Compendium of Physical Activities: A third update of the energy costs of human activities. *Journal of Sport and Health Science*. Vol.13. Num. 1. 2024. p. 6-12.
- 10-Holick, M.F.; Binkley, N.C.; Bischoff-Ferrari, H.A.; Gordon, C.M.; Hanley, D.A.; Heaney, R.P.; Murad, M.H.; Weaver, C.M.. Evaluation, Treatment, and Prevention of Vitamin D Deficiency: an Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab*. Vol. 96. Num. 7. 2011. p. 1911-1930.
- 11-Isola, V.; Hulmi, J.J.; Mbay, T.; Kyröläinen, H.; Häkkinen, K.; Ahola, V.; Helms, E.R.; Ahtiainen, J.P. Changes in hormonal profiles during competition preparation in physique athletes. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 125. Num. 2. 2025. p. 393-408.

12-Krzywański, J.; Mikulski, T.; Pokrywka, A.; Młyńczak, M.; Krysztosiak, H.; Frączek, B.; Ziemba, A. Vitamin B12 Status and Optimal Range for Hemoglobin Formation in Elite Athletes. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 4. 2020. p. 1-13.

13-Logue, D.M.; Madigan, S.M.; Melin, A.; Delahunt, E.; Heinen, M.; Mc Donnell, S.J.; Corish, C.A. Low Energy Availability in Athletes 2020: An Updated Narrative Review of Prevalence, Risk, Within-Day Energy Balance, Knowledge, and Impact on Sports Performance. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 3. 2020. p. 1-19.

14-Li, X.; Liu, Y.; Chen, X.; Reichetzedder, C.; Elitok, S.; Krämer, B.K.; Hoher, B. Target Values for 25-Hydroxy and 1,25-Dihydroxy Vitamin D Based on Their Associations with Inflammation and Calcium-Phosphate Metabolism. *Nutrients*. Vol. 16. Num. 16. 2024. p. 1-16.

15-Loucks, A.B. Chapter 5: energy balance and energy availability. IN MAUGHAN, R. The encyclopaedia of sports medicine. New Jersey. John Wiley & Sons Ltd. 2013.

16-Mountjoy, M.; Ackerman, K.E.; Bailey, D.M.; Burke, L.M.; Constantini, N.; Hackney, A.C.; Heikura, I.A.; Melin, A.; Pensgaard, A.M.; Stellingwerff, T.; Sundgot-Borgen, J.K.; Torstveit, M.K.; Jacobsen, A.U.; Verhagen, E.; Budgett, R.; Engebretsen, L.; Erdener, U. 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 57. Num. 17. 2023. p. 1073-1097.

17-Perrier, J.; Langeard, A.; Ouma, C.K.; Sesboüé, B.; Clochon, P.; Prevost, J.N.; Bertran, F.; Davenne, D.; Bessot, N. Effects of acute bouts of evening resistance or endurance exercises on sleep EEG and salivary cortisol. *Front. Physiol.* Vol. 15. 2024. p. 1-8.

18-Quaresma, M.V.L.S.; Trindade, M.C.C.; Oliveira, E.P.; Dáttilo, M.; Pimentel, G.D.; Brös, A.R.Z.; Barrella, A.B.; Mendes, R.R.; Campanholi, R.A.; Alvarenga, M.L.; Braggion, G.F.; Longo, S.; Santos, K.G.M.; Melo, C.M.; Gonçalves, L.S.; Juzwiak, C.R.; Joaquim, D.P.; Gonçalves, D.C.; Marins, J.C.B.; Buzzachera, C.F.; Carvalho, A.; Souza, H.S.; Costa, R.F.;

Pinheiro, M.N.; Chinágli, C.F.P.; Stancanelli, M.; Lazarim, F. L.; Marchiori, V.; Reis e Silva, E. A.; Niehues, L.P.; Marques, C.G.; Nakamoto, F.P.; Mello, M.T.; Artioli, G.G.; Saunders, B.; Rogero, M.M.; Burini, R.C.; Ribeiro, S.M.L.; Santos, T.R. Diretrizes de prática clínica para nutrição esportiva: associação brasileira de nutrição esportiva. *J. Phys. Educ.* Vol. 36. 2025. p. 1-95.

19-Schoeneck, M.; Iggman, D. The effects of foods on LDL cholesterol levels: A systematic review of the accumulated evidence from systematic reviews and meta-analyses of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. Vol. 31. Num. 5. 2021. p. 1325-1338.

20-Shabkhizan, R.; Haiaty, S.; Moslehian, M.S.; Bazmani, A.; Sadeghsoltani, F.; Bagheri, H.S.; Rahbarghazi, R.; Sakhinia, E. The Beneficial and Adverse Effects of Autophagic Response to Caloric Restriction and Fasting. *Advances in Nutrition*. Vol. 14. Num. 4. 2023. p. 1211-1225.

21-Sim, M.; Garvican-Lewis, L.A.; Cox, G.R.; Govus, A.; McKay, A.K.A.; Stellingwerff, T.; Peeling, P. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 119. Num. 7. 2019. p. 1463-1478.

22-Solberg, A.; Reikvam, H. Iron Status and Physical Performance in Athletes. *Life*. Vol. 13. Num. 10. 2023. p. 1-18.

23-Mafra, R.C.; Martins, I.; Vechi, G. Análise da composição corporal de atletas de handebol profissional de uma Universidade Comunitária do Vale do Itajaí antes e após intervenção nutricional. 2024. TCC. Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí. 2024.

24-Villareal, D.T.; Fontana, L.; Das, S.K.; Redman, L.; Smith, S.R.; Saltzman, E.; Bales, C.; Rochon, J.; Pieper, C.; Huang, M.; Lewis, M.; Schwartz, A.V. Effect of Two-Year Caloric Restriction on Bone Metabolism and Bone Mineral Density in Non-Obese Younger Adults: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Bone and Mineral Research*. Vol. 31. Num. 1. 2016. p. 40-51.

25-Wang, M.; Chee, J.; Tanaka, M.J.; Lee, Y.H.D. Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) and knee injuries: current concepts for

female athletes. Journal of ISAKOS. Vol. 9. Num. 4. 2024. p. 781-787.

26-Yagüe, M.P.; Yurrita, L.C.; Cabañas, M.J.C.; Cenxual, M.A.C. Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends. Nutrients. Vol. 12. Num. 2. 2020. p. 1-17.

2 - Docente do Curso de Nutrição da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, Santa Catarina, Brasil.

E-mail dos autores:

brunosafanelli@gmail.com

enricooliveirabecker@gmail.com

giovanavechi@univali.br

Autor correspondente:

Giovana Vechi.

giovanavechi@univali.br

Recebido para publicação em 09/12/2025

Aceito em 31/01/2026