

Cláudia Isabel Coelho Fernandes

Disponibilidade Energética e Ritmo Circadiano em Atletas

Ciências da Nutrição

Faculdade de Ciências da Saúde

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2024

Cláudia Isabel Coelho Fernandes

Disponibilidade Energética e Ciclo Circadiano em Atletas

Ciências da Nutrição

Faculdade de Ciências da Saúde

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2024

Cláudia Isabel Coelho Fernandes

Disponibilidade Energética e Ciclo Circadiano em Atletas

Declaro para os devidos efeitos ter atuado com integridade na elaboração deste Trabalho de Projeto, atesto a originalidade do trabalho, confirmo que não incorri em plágio e que todas as frases que retirei de outros textos de outros autores foram devidamente citadas ou redigidas com outras palavras e devidamente referenciadas na bibliografia.

(Cláudia Isabel Coelho Fernandes)

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para obtenção do grau de licenciado em Ciências da Nutrição.

Orientadora:

Professora Doutora Raquel Silva

Energy Availability and Circadian Rhythm in Athletes

Disponibilidade Energética e Ciclo Circadiano em Atletas

Cláudia Coelho Fernandes¹, Maria-Raquel G. Silva²

1. Estudante finalista do 1º Ciclo de Estudos em Ciências da Nutrição da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal
2. Professora Associada na Faculdade de Ciências da Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal. Orientadora do trabalho complementar de final do curso.

Cláudia Isabel Coelho Fernandes

Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa

Morada: Rua Carlos da Maia, 296, 4200-150 Porto, PORTUGAL

E-mail: 40286@ufp.edu.pt

Contagem de palavras: 21 940

Número de figuras/tabelas: 27

Número de referências bibliográficas: 54

Conflito de interesses: nada a declarar.

Resumo

A baixa disponibilidade de energia (DE) é considerada a causa subjacente de uma série de más adaptações em atletas, incluindo função fisiológica prejudicada, baixa densidade mineral óssea (DMO) e disfunção hormonal. A 'Deficiência Relativa de Energia no Desporto' (RED-S) advém como uma consequência da baixa disponibilidade energética (DE). A síndrome da (RED-S) é uma entidade clínica caracterizada por baixa disponibilidade de energia, que pode afetar negativamente a saúde e o desempenho de atletas masculinos e femininos, incluindo função menstrual, imunidade, taxa metabólica, saúde óssea, saúde cardiovascular, com consequências psicológicas.

O objetivo deste trabalho foi estudar a disponibilidade energética e quais as consequências que dela advêm na saúde e desempenho dos atletas, bem como identificar os mecanismos fisiológicos subjacentes que controlam o relógio circadiano destes indivíduos e a sua capacidade de se adaptarem às condições externas diárias.

Realizou-se uma revisão da literatura nos últimos 5 anos, através da pesquisa nas plataformas *PubMed* e *Scopus*, no período de janeiro de 2019 a janeiro de 2024.

Os atletas precisam ser avaliados e educados individualmente por profissionais de saúde apropriados sobre a DE e as possíveis consequências para a saúde associadas à baixa DE. Entende-se que as intervenções nutricionais selecionadas são uma maneira eficaz de melhorar a sincronização dos relógios biológicos, se o horário das refeições e do sono forem adequadamente respeitados. Pesquisas futuras são necessárias para poder avaliar a capacidade dessas intervenções nutricionais para apoiar o melhor desempenho do atleta.

Palavras-Chave: Disponibilidade Energética, Ritmo Circadiano, Atletas.

Abstract

Low energy availability is considered the underlying cause of several mal adaptations in athletes, including impaired physiological function, low bone mineral density and hormonal dysfunction. 'Relative Energy Deficiency in Sport' comes as a consequence of low energy availability. The syndrome Relative Energy Deficiency in Sport is a clinical entity characterized by low energy availability, which can negatively affect the health and performance of male and female athletes, including menstrual function, immunity, metabolic rate, bone health, cardiovascular health, with psychological consequences.

The goal of this work was to study the energy availability and what the consequences that arise from it on the health and performance of athletes, as well as identifying the underlying physiological mechanisms that control the circadian clock of these individuals and their ability to adapt to daily external conditions.

A literature review was carried out in the last 5 years, through research on the *PubMed* and *Scopus* platforms, from January 2019 to January 2024.

Athletes need to be evaluated and educated individually by appropriate health professionals about energy availability and the possible health consequences associated with low energy availability.

It is understood that the selected nutritional interventions are an effective way to improve the synchronization of biological clocks if the time of meals and sleep are properly respected. Future research is necessary to be able to evaluate the ability of these nutritional interventions to support the best performance of the athlete.

Keywords: Energy Availability, Circadian Rhythm, Athletes.

Índice

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓMIOS E SIGLAS	IX
1. INTRODUÇÃO	11
2. METODOLOGIA.....	12
3. DISPONIBILIDADE ENERGÉTICA.....	13
3.1. MACRO E MICRONUTRIENTES.....	14
<i>Hidratos de carbono</i>	14
<i>Proteínas</i>	15
<i>Gorduras</i>	15
<i>Hidratação</i>	16
<i>Micronutrientes</i>	16
3.2. BAIXA DISPONIBILIDADE DE ENERGIA (DE)	17
3.3. TRÍADE DA MULHER ATLETA	18
3.4. DEFICIÊNCIA ENERGÉTICA RELATIVA.....	19
3.5. DESORDENS ALIMENTARES E COMPORTAMENTO ALIMENTAR	20
3.6. RASTREIO E DIAGNÓSTICO DA DE.....	21
3.6.1. <i>Questionários</i>	21
LEAF-Q.....	21
EDE-Q	22
TRIAD – CRA.....	22
RED-S CAT.....	22
Questionário de transtorno alimentar breve em atletas (BEDA-Q)	23
Ferramenta de triagem específica RED-S (RST)	23
3.6.2. <i>Biomarcadores de Deficiência de Energia</i>	23
Hormonas do apetite: leptina e grelina	23
Cortisol	24
Hormona de Crescimento	24
Fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1)	24
Insulina e Glicose.....	25
4. RITMO CIRCADIANO	26
4.1. DESEMPENHO DO EXERCÍCIO E EFICÁCIA DO TREINO AO LONGO DO DIA	27
4.2. PADRÕES NUTRICIONAIS E CRONONUTRIÇÃO	27
4.3. <i>JET-LAG</i> NOS ATLETAS	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
ANEXOS	
TABELA 1	37

Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas

DE – Disponibilidade Energética

DMO – Densidade Mineral Óssea

REDs – Deficiência Relativa de Energia no Desporto

EI – Ingestão Alimentar

EEE – Energia despendida durante o exercício

LEA - Baixa disponibilidade de Energia

NSQ – Núcleo Supraquiasmático

RC – Ritmo Circadiano

NEAT – Termogénese de atividade sem exercício

HC – Hidratos de Carbono

IL-6 – Interleucina-6

LH – Hormona Luteinizante

FSH – Hormona do Folículo Estimulante

IGF-1 – Fator de crescimento semelhante à insulina

ACSM - American College of Sports Medicine

TES – Testosterona

DAs – Desordens Alimentares

AN – Anorexia Nervosa

BEDA-Q – Questionário de transtorno alimentar breve em atletas

FAST – Ferramenta de Triagem de Atleta Feminino

LEAF-Q – Questionário de Disponibilidade de Baixa Energia em Mulheres

EDI-3 RF – Formulário de Referência de Inventário de Transtornos Alimentares-3

EDE-Q – Questionário de Exame de Transtorno Alimentar

IMC – Índice de Massa Corporal

Triad-CRA – Female Athlete Triad Cum lative Risk Assessment

RED-S CAT – Ferramenta de Avaliação Clínica

RST – Ferramenta de triagem específica RED-S

T3 – Hormona triiodotironina

HPA – Eixo hipotálamo-pituitária-adrenal

GH – Hormona do Crescimento

DSM-V – Manual Diagnóstico e Estatístico para Transtornos Mentais

1. Introdução

No mundo do desporto, a procura por fatores que favoreçam o aumento do rendimento desportivo é sempre uma prioridade para atletas profissionais e amadores, sendo a obtenção de melhores resultados o objetivo predominante. E é nesse desejo de melhoria contínua, que os estudos no desporto se têm focando nos últimos anos, conhecendo-se a disponibilidade energética e o ritmo circadiano como dois desses fatores (1).

Nos últimos 35 anos, a baixa disponibilidade de energia (DE) tem sido indicada como a principal causa subjacente a resultados desfavoráveis à saúde dos atletas, tais como, a disfunção menstrual e a reduzida densidade mineral óssea (DMO), ambas frequentemente observadas entre atletas femininas de alto rendimento. A LEA ocorre quando um indivíduo tem energia insuficiente para suportar a função fisiológica normal após haver um gasto energético elevado durante o exercício físico (2). Considerada como uma síndrome, a tríade da mulher atleta é uma condição clínica frequentemente observada em meninas e mulheres fisicamente ativas que envolve três componentes: LEA com ou sem distúrbios alimentares, disfunção menstrual e baixa DMO (3).

Uma prevalência maior de LEA é encontrada em mulheres envolvidas em desportos sensíveis ao peso, isto é, desportos nos quais o peso corporal ou a aparência do atleta são importantes para o sucesso, embora a probabilidade de sua existência não se limite a estas modalidades. Curiosamente, evidências crescentes indicam que os homens também são suscetíveis às consequências negativas da LEA (4).

O organismo possui um “relógio biológico central” localizado no hipotálamo, especificamente no núcleo supraquiasmático (NSQ), que recebe e emite informações. ‘Esses ritmos são ajustados aos elementos ambientais, principalmente o ciclo dia/noite, sendo a luz, o seu principal sincronizador ambiental. Outros estímulos exógenos são a ingestão de alimentos, o stress, a atividade física ou o sono, também chamados de *zeitgebers*, palavra alemã que se refere a qualquer estímulo externo capaz de ajudar a manter a periodicidade dos ritmos circadianos’ (5).

O ritmo circadiano (RC) está diretamente relacionado com atividades fisiológicas regulares e comportamentos de humanos e animais para se adaptar à rotação da Terra. Existem vários tipos de ritmos biológicos, circadiano, ultradiano e infradiano, sendo o circadiano o mais significativo para atuar no período de tempo correspondente a 24 horas.

O ultradiano refere-se a um período de tempo inferior a 20 horas e o infradiano a ciclos superiores a 28 horas (6).

Muitos estudos defendem que atletas profissionais e amadores apresentam maior desempenho desportivo quando os treinos são praticados no período da tarde. Esse aumento de desempenho é resultado da sincronização entre ritmos fisiológicos, psicológicos e metabólicos. Sendo que, todos estes parâmetros atingem o seu máximo no início da tarde, em coordenação com os processos cardiovasculares que também apresentam um padrão circadiano (7).

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão da literatura sobre as possíveis causas e consequências da disponibilidade energética quanto à prática desportiva e a influência do RC nos processos fisiológicos envolvidos no desempenho desportivo dos atletas.

2. Metodologia

A pesquisa efetuou-se com recurso à *PubMed* e à *Scopus*, de janeiro de 2019 a janeiro de 2024. A estratégia de pesquisa consistiu nos seguintes termos: “*circadian rhythm*” OR “*energy deficit*” OR “*energy availability*” AND “*athletes*”, bem como, os termos MESH associados. O título e resumo foram inicialmente identificados em 863 publicações, e posteriormente, procedeu-se à leitura na íntegra de cada publicação selecionada. Efetuou-se ainda pesquisa manual de publicações relevantes no tema em questão.

A pesquisa foi limitada a estudos feitos em seres humanos publicados em inglês, português, francês e espanhol. A pesquisa incluía os seguintes critérios: (1) atletas do sexo feminino e/ou masculino, sem restrição de idades; (2) estudos quantitativos e/ou qualitativos, ensaios de controlo aleatórios, estudos de caso e revisões sistemáticas.

Os artigos foram excluídos se: os atletas não estivessem envolvidos no estudo; e não fossem incluídos os temas: ciclo circadiano ou disponibilidade energética, avaliações ou recomendações. O processo de seleção do artigo está resumido na [Figura 1](#).

Uma ferramenta de gráfico de dados do Excel foi criada para acompanhar o processo de seleção. Sendo que se verificou individualmente os artigos selecionados para garantir a inclusão precisa de artigos relevantes e garantir a consistência na lógica baseada em evidências para avaliações e recomendações de pesquisas futuras.

Para esta seleção inicial, um total de 123 artigos foram relacionados a atletas, tendo 85 relacionados com disponibilidade energética e 38 relacionados com o ciclo circadiano. As características dos estudos selecionados estão resumidas na Tabela 1.

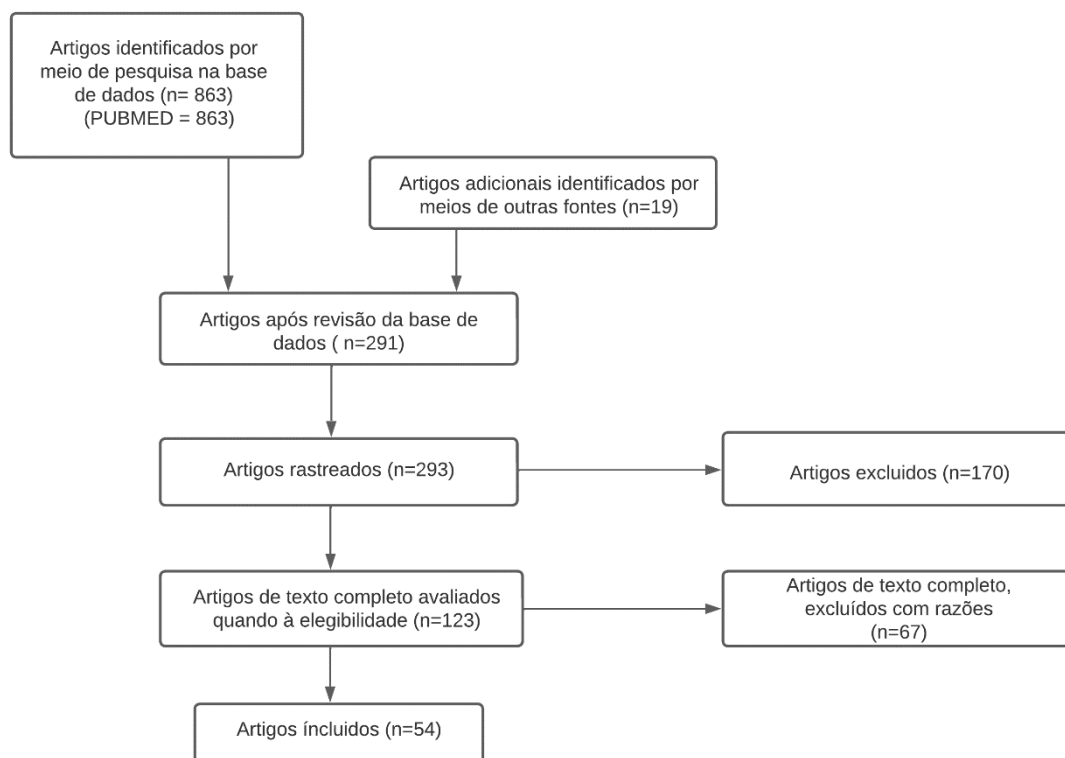


Figura 1. Diagrama PRISMA

3. Disponibilidade Energética

A disponibilidade energética (DE) é definida como a quantidade de energia disponível para sustentar a função fisiológica após subtrair o custo energético do exercício (8–13). Desta forma, a descrição mais atual da disponibilidade de energia (DE) a define como a diferença entre a ingestão de energia (EI) e o gasto de energia do exercício (EEE), expressa em relação à massa corporal magra de um indivíduo, representando a quantidade diária de energia 'disponível' para sustentar todas as funções fisiológicas (14).

Normalmente, níveis de energia >45 kcal/kg MLG/dia caracterizam um estado ótimo (8), mas quando a disponibilidade de energia cai abaixo desse nível, pode ocorrer comprometimento do estado menstrual e da saúde óssea nas atletas do sexo feminino (15–17). No entanto, pode haver variabilidade entre indivíduos (3). Atualmente, não se sabe se os atletas do sexo masculino compartilham os mesmos pontos de corte de fatores de

risco. Ou seja, pesquisas insuficientes foram realizadas para determinar se existem limites específicos do sexo masculino, no entanto, os pontos de corte femininos foram aplicados em estudos masculinos. Alguns pesquisadores sugeriram que os pontos de corte deveriam ser mais baixos nos homens, devido à requisição reduzida de energia nos sistemas reprodutivos dos diferentes sexos (18).

Existem limitações para estimar a disponibilidade de energia por meio de cálculo direto, como é o caso de incluir o uso de um limite absoluto que falha em levar em conta as diferenças entre indivíduos e sexo, e a implicação de que a saúde óssea torna-se abruptamente comprometida abaixo de um determinado valor (19,20). Uma outra limitação importante do conceito de disponibilidade de energia é que ele não considera o gasto de energia da atividade diária normal que não seja exercício formal, ou seja, é a termogênese de atividade sem exercício (NEAT). Primeiro, de uma perspectiva puramente fisiológica, não há diferença se a energia é gasta durante o exercício, um subconjunto de atividade física com o objetivo de melhorar ou manter a forma física ou outros tipos de atividade física, que é definida como qualquer movimento corporal que resulta em gasto de energia. Portanto, todas as despesas de atividade devem ser contabilizadas ao determinar um valor 'verdadeiro' de disponibilidade de energia, embora reconheçamos que a avaliação do NEAT é tecnicamente difícil na maioria dos cenários de avaliação da DE. Em segundo lugar, como o NEAT pode variar em resposta a mudanças no balanço energético, também é provável que seja afetado pela DE. Em terceiro lugar, o NEAT é altamente variável entre os indivíduos (20).

3.1. Macro e micronutrientes

Hidratos de carbono

Os HC desempenham um papel fundamental para ajudar a manter a DE durante o desempenho físico, bem como para otimizar a função do sistema imunológico. Consequentemente, atletas que restringem o total de calorias para diminuir o peso corporal podem ter dificuldade em atingir as recomendações dos Hidratos de Carbono (21).

O intervalo recomendado é de 5–7 g HC por kg de massa corporal/dia, considerando que o tempo de ingestão de HC deve ocorrer em intervalos frequentes ao longo do dia, dando ênfase antes, durante e após o treino (21,22). Garantir a disponibilidade adequada de HC

para atender às exigências do exercício é um requisito fundamental para os atletas. Além disso, a baixa disponibilidade de HC é reconhecida como um fator limitante chave para a função reprodutiva e a saúde do esqueleto (8).

Proteínas

Um novo posicionamento da Sociedade Internacional de Nutrição Desportiva afirma que os requisitos de proteína são maiores para os atletas e aumentam com altos volumes de treino para manter o equilíbrio energético, o equilíbrio proteico e a massa muscular (17).

Os requisitos de proteína para atletas são maiores do que os da população em geral (0,8–1,0 g/kg/dia) para auxiliar na síntese e recuperação de proteína muscular, com as recomendações atuais especificando que os atletas consomem 1,2–2 g/kg/dia (23).

Os requisitos de proteína devem considerar os objetivos e preferências individuais do atleta e podem aumentar com a idade, naqueles que tentam perder gordura corporal mantendo ou aumentando a massa livre de gordura, com dietas hipocalóricas e com baixo teor de hidratos de carbono e com altos volumes de treino (17). Desta forma, essa faixa oferece flexibilidade e deve ser individualizada com base nas necessidades do atleta. Os atletas devem ser incentivados a atender às necessidades de proteína, incluindo 20 g de alimentos ricos em proteínas de alta qualidade, como ovos, carne, peixe, entre outros (21).

Gorduras

As gorduras são um componente essencial da dieta de um atleta e não deve ser inferior a 20% da ingestão calórica (17). E, por isso, a recomendação de gordura foi definida com base na percentagem de calorias da ingestão de energia total diária, sendo estabelecido valores de referência de 20% a 35% (21,24).

A ingestão de gorduras merece atenção, pois a restrição crónica pode reduzir a absorção de nutrientes essenciais (8). Constatou-se também que uma dieta muito pobre em gordura tem o potencial de comprometer o sistema imunológico (21). As gorduras fornecem ácidos gordos essenciais, vitaminas lipossolúveis e energia, e por isso, consumir gorduras saudáveis como parte da dieta geral têm um efeito benéfico para a saúde, temos como exemplos: nozes, peixe gordo, azeite, abacate, entre outros (21).

A oxidação melhorada da gordura pode ser alcançada por meio de treino (por exemplo, exercícios de longa duração e lenta) ou por meio de manipulação dietética, como jejum, ingestão aguda pré-exercício de gordura/cetonas e por dietas com alto teor de gordura e

baixo teor de hidratos de carbono. Embora essas estratégias melhorem o desempenho em eventos de longa distância, a maioria dos eventos competitivos ou sessões de treino de alta qualidade são realizadas em altas intensidades de exercício e são prejudicadas por baixos níveis de glicogénio ou pela regulação negativa da glicogenólise imposta por dietas com baixo teor de hidratos de carbono. Dietas muito baixas em hidratos de carbono geralmente levam à cetose, onde o fígado oxida ácidos gordos não esterificados em corpos cetónicos, incluindo 3-hidroxibutirato, acetoacetato e acetona. Com baixos níveis de glicose no sangue induzidos por dietas com baixo teor de hidratos de carbono, o cérebro e os músculos podem metabolizar as cetonas como fonte de combustível (17).

Hidratação

A alimentação de qualquer atleta requer uma boa hidratação para que haja a adequada termorregulação e desempenho durante a prática do exercício físico. Como há muita variação na perda de fluidos e eletrólitos com os indivíduos, monitorizar a cor da urina (amarelo-claro ideal) e pesar antes e depois do exercício (perda de peso ideal de ~ 1% a 2%) são boas maneiras de garantir a ingestão adequada de líquidos durante o treino. A perda de suor causa perda de eletrólitos, portanto, os atletas devem ingerir líquidos combinados com eletrólitos ou adicionando sais através da alimentação (17).

Micronutrientes

Uma dieta alimentar bem equilibrada com uma variedade de frutas, vegetais, grãos integrais, laticínios e fontes de proteína magra deve fornecer micronutrientes adequados para a maioria dos atletas. No caso, de os atletas serem vegetarianos ou veganos podem necessitar de suplementação de vitamina B12, ferro, cálcio, vitamina D, riboflavina e zinco. No entanto, o que se tem vindo a estudar, é que os micronutrientes são vitais para uma saúde ideal, mas não demonstraram melhorar o desempenho em exercícios de resistência, a menos que os atletas sofram de alguma patologia (17).

No entanto, a deficiência de ferro é um distúrbio nutricional altamente prevalente entre atletas de resistência. Vários mecanismos fisiológicos foram propostos para explicar o estado de ferro prejudicado em atletas, incluindo sangramento gastrointestinal, hemólise (ruptura das membranas das hemácias), falta de ferro na dieta e perda de ferro no suor. Além disso, a hepcidina, hormona reguladora do ferro, pode atuar para a deficiência de ferro. A hepcidina, um peptídeo de 25 aminoácidos, é um mediador crucial da homeostase do ferro, que pode estar relacionada à deficiência de ferro em resposta ao exercício físico (25).

3.2. Baixa Disponibilidade de Energia (DE)

A baixa disponibilidade de energia (DE) resultante de aumentos no gasto energético do exercício (EEE), diminuição na ingestão de energia (EI) ou da combinação de ambos perturba o meio endócrino, o que resulta em respostas fisiológicas indesejáveis, incluindo interrupções em várias hormonas metabólicas, como a hormona triiodotironina (T3), hormona luteinizante (LH), hormona do folículo estimulante (FSH), fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1), leptina e grelina (10).

A baixa DE define-se como sendo inferior a 30 kcal/kg de MLG/dia, sendo que, desde 2014, tem sido relatado que atletas do sexo masculino enfrentam risco aumentado para baixa DE e consequentes consequências para a saúde, semelhantes às de atletas do sexo feminino, no entanto, ainda não foi estabelecido um valor referência para os mesmos (26).

Por outro lado, atender às elevadas horas de treino com ingestão adequada de energia pode ser um desafio para muitos atletas, e as evidências sugerem que a baixa DE é uma ocorrência comum, com consequências potencialmente negativas para a saúde e para o desempenho. Essas consequências foram consideradas principalmente em três modelos – a Tríade da Atleta Feminina, a Deficiência de Energia Relativa no Desporto (RED-S) e os modelos de Condição Hipogonadal Masculina do Exercício (27).

A baixa DE entre atletas pode ser atribuída a fatores comportamentais, psicológicos, de treino e/ou relacionados à alimentação, devido à influência do pessoal de apoio ao atleta, involuntariamente devido ao conhecimento nutricional insuficiente. Além disso, a identificação e o monitorização dos atletas em risco de baixa DE provavelmente são concisos quando o pessoal de apoio ao atleta trabalha de forma colaborativa, está bem informado e tem acesso a ferramentas eficazes de avaliação da baixa DE (10). No entanto, na maioria das vezes, a DE é avaliada indiretamente, com base em registos auto-relatados da ingestão de alimentos e estimativas de gasto de energia, o que aparenta ter problemas inerentes relacionados à confiabilidade e validade e podem distorcer significativamente os cálculos da DE para sob/superestimar o valor real durante o curto período de avaliação (14). Além disso, não há um período de referência sobre o qual uma avaliação da ingestão alimentar/exercício deva ser realizada, nem protocolos padronizados pelos quais qualquer um dos componentes deva ser medido (1).

3.3. Tríade da Mulher Atleta

O *American College of Sports Medicine* (ACSM) publicou a primeira posição da tríade em 1997 (9) e depois redefiniu-a em 2007 como uma síndrome que consiste em baixa DE definida como energia insuficiente para apoiar a função fisiológica normal após o custo da energia gasta durante o exercício ter sido removido, com ou sem distúrbios alimentares, amenorreia e osteoporose (1,3,9,21,28–30).

Este modelo apresenta cada componente da Tríade ao longo de um contínuo bidirecional de gravidade, variando de “saudável” a “não saudável” e inclui um ponto médio subclínico “intermediário”. O final “não saudável” do continuum representa os desfechos clínicos mais graves e inclui baixa disponibilidade de energia (com ou sem alimentação desordenada), amenorreia, e osteoporose. No extremo “saudável” do continuum, presume-se que as condições de saúde sejam otimizadas, ou seja, haja disponibilidade de energia adequada, de modo que a ingestão de energia corresponda às necessidades de gasto energético, os ciclos menstruais ovulatórios sejam mantidos e a saúde óssea seja geralmente boa com a ausência de reações de stress ou fraturas ósseas. Os pontos “intermediários” ao longo do continuum representam manifestações subclínicas dos desfechos clínicos graves e incluem distúrbios menstruais, como defeitos da fase lútea e anovulação, e alterações desfavoráveis na saúde óssea (30).

Por fim, em 2014, destacou-se a importância do reconhecimento dos atletas que apresentam anormalidades subclínicas dos componentes inter-relacionados da Tríade, com foco principalmente na deficiência energética, e da intervenção precoce (4).

E o que se foi percebendo foi que a baixa disponibilidade de energia foi responsável pelos défices de energia intencionais e não intencionais que conduzem à sintomatologia, e os critérios do diagnóstico também foram alterados para reconhecer que atletas e mulheres ativas podem vivenciar um ou mais dos três componentes (9,31).

Com o intuito de auxiliar os profissionais de saúde na triagem e estratificação de atletas do sexo feminino quanto ao risco de desenvolver a Tríade, a *Female Athlete Triad Coalition* desenvolveu perguntas de triagem, bem como uma ferramenta de pontuação de avaliação de risco (*Female Athlete Triad Cum lative Risk Assessment* [Triad-CRA] (32).

3.4. Deficiência Energética Relativa

O Comitê Olímpico Internacional publicou uma declaração de consenso em 2014 (4), com atualizações subsequentes em 2018, destacando a importância de conscientizar sobre a deficiência energética relativa (RED-s), prevalência e direções para pesquisas futuras (14,33).

RED-s é definido como um estado de funcionamento fisiológico causado por deficiência energética relativa (crônica) e inclui, mas não está limitado a, prejuízos da taxa metabólica, função menstrual, saúde óssea, função imunológica, síntese de proteínas, saúde cardiovascular, e vários índices de desempenho físico (14,34). O RED-s aborda aspectos da diminuição do desempenho desportivo, aumento do risco de lesões e sérias consequências negativas para a saúde a curto e longo prazo. Prejuízos para a saúde, como níveis diminuídos de estrogênio, testosterona (TES) e fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1) associados à baixa DE foram posteriormente associados a uma inadequada saúde óssea em atletas (18,22,35). Uma métrica comum usada na identificação de fatores de risco, ou diagnóstico de RED-s, é a avaliação de baixa disponibilidade de energia (BDE) (13,14,16).

A prevenção e detecção precoce do RED-S é crucial para evitar efeitos negativos a curto e longo prazo na saúde dos atletas, incluindo o risco de consequências potencialmente irreversíveis, como perda de massa óssea. Um primeiro passo importante é educar treinadores e atletas sobre nutrientes energéticos adequados, equilíbrio energético e sobre o potencial e as consequências da baixa DE em ambos os sexos. O aumento da conscientização é essencial para a identificação precoce do RED-S e melhorar as taxas de sucesso das estratégias de prevenção e intervenção (4). Além disso, um estudo de intervenção que investigou o efeito de um programa de educação nutricional de 6 meses para atletas do sexo masculino com risco de RED-S relatou resultados positivos na saúde óssea e no desempenho nas provas de corrida. Esses achados sugerem que os programas de educação nutricional, incluindo informações específicas sobre baixa DE, suas implicações de saúde associadas a curto e longo prazo e o uso de suplementos dietéticos, podem melhorar a saúde do atleta e os resultados de desempenho (36).

A aplicação de ferramentas e procedimentos de triagem fáceis de usar também são essenciais, como o reconhecimento de marcadores dietéticos e o uso de questionários validados (como o *low energy availability in females questionnaire* – LEAF-Q) ou entrevistas clínicas ou uma combinação de um questionário específico do esporte e uma

entrevista clínica (*sport-specific questionnaire and clinical interview* – SEAQ-I). Recomenda-se que a triagem para RED-S seja incluída no exame anual de saúde e seja realizada quando um atleta apresenta ou é suspeito de sofrer de baixa DE e/ou perda de peso, disfunção endócrina, comprometimento do crescimento normal, lesões recorrentes, diminuição ou desempenho estagnado, ou mudanças comportamentais (4).

3.5. Desordens Alimentares e Comportamento Alimentar

Uma dieta equilibrada com uma ingestão adequada de energia auxilia na função corporal ideal e, juntamente com a atividade física regular, é a pedra angular de um estilo de vida saudável (37). Os hábitos alimentares e a ingestão ideal de energia são cruciais na maioria das atividades desportivas, a fim de manter o nível de desempenho, garantir a recuperação ideal e evitar a fadiga e, conseqüentemente, diminuir o risco de ocorrência de lesões e doenças (38).

Sabe-se que a ingestão de energia inadequada e potencialmente inadvertida é um dos principais contribuintes para a baixa DE entre os atletas e pode ser caracterizada como um componente dos desordens alimentares (DAs) (14). Consistentemente percebeu-se que as desordens alimentares ocorrem com frequência em atletas de elite do sexo feminino, particularmente entre aquelas que competem em classes de peso ou desportos estéticos. Essas condições estão associadas ao perfeccionismo, bem como ao comportamento compulsivo de exercícios, juntamente com a incapacidade de reduzir a carga de treino (36). Tanto para homens como para mulheres, as conseqüências negativas para a saúde de DAs são numerosas e podem ser fatais, pois todos os sistemas do corpo podem ser afetados. As conseqüências físicas dos DAs podem incluir atraso na puberdade, retardo no crescimento ósseo e diminuição da deposição óssea (21).

Na maioria dos atletas a presença de comportamentos alimentares desordenados é comum, variando entre alimentação restritiva a anorexia nervosa (AN) e incluindo jejum, vômito, pílulas dietéticas, laxantes, diuréticos e enemas (39). AN é o comportamento alimentar restritivo mais extremo, onde se verifica um comportamento autoinduzido de restrição alimentar, no qual o indivíduo tem uma imagem corporal do seu corpo superior ao real, apesar de estar 15% ou mais abaixo do peso corporal ideal. O comportamento bulímico refere-se a um ciclo de restrição alimentar ou jejum seguido de compulsão alimentar e purgação (40).

Dependendo da idade do atleta, situação de vida, nível de competição e recursos disponíveis, existem várias potenciais barreiras que podem ser desafiadoras para os atletas ao tentar aderir às recomendações nutricionais específicas do desporto. Além disso, atletas, treinadores e nutricionistas relatam acesso limitado a alimentos ricos em nutrientes durante viagens, bem como, em refeitórios, dormitórios e instalações desportivas (14). Hull et al. (41) relataram que quando um nutricionista desportivo foi indicado como a principal fonte de nutrição do atleta, os atletas pareciam ter uma maior compreensão da prioridade dos nutrientes, isto é, entender aqueles a que se deve dar mais ênfase e com maior percentagem ao longo do dia, consumiam menos *fast-food*, eram mais propensos a consumir refeições embaladas fornecidas pela escola durante as viagens da equipa e eram mais propensos a preparar suas próprias refeições. Portanto, a acessibilidade a um nutricionista desportivo pode resultar num melhor conhecimento nutricional e hábitos alimentares. Infelizmente, nem todos os departamentos e instituições desportivas podem ter os recursos financeiros necessários para o efeito (14).

A ênfase recente tem sido no desenvolvimento de ferramentas de triagem de DAs específicas para atletas, considerando que ainda nenhuma ferramenta de triagem específica para atletas foi validada para avaliar os comportamentos de DAs ou os sintomas fisiológicos da LEA na população atleta masculina (2).

3.6. Rastreio e Diagnóstico da DE

A baixa DE pode estar presente com ou sem comportamentos de DA e é mais prevalente em atletas do sexo feminino, principalmente em desportos em que a magreza está associada a desempenho. Assim, a triagem e a identificação de atletas em risco de DAs são importantes, no entanto, o processo é demorado e requer o empenho de uma equipa multidisciplinar (34).

3.6.1. Questionários

LEAF-Q

Em 2014, o conceito da Tríade da Atleta Feminina foi expandido para incluir os múltiplos prejuízos de desempenho e problemas relacionados à saúde experimentados por atletas masculinos e femininos (42). No mesmo ano, foi desenvolvido o Questionário de Disponibilidade de Baixa Energia em Mulheres (LEAF-Q), que é uma ferramenta de triagem validada (sensibilidade de 78% e especificidade de 90%) para a identificação de atletas de resistência do sexo feminino com risco aumentado de LEA (23).

O LEAF-Q consiste em 25 perguntas relacionadas com o histórico de lesões, função gastrointestinal, função menstrual e uso de contraceptivos. Há perguntas adicionais sobre dados demográficos dos participantes, histórico de peso corporal, envolvimento anterior em desporto, tipo de treino e frequência/ volume de treino por semana (2,39,42,43).

EDE-Q

O Questionário de Exame de Transtorno Alimentar de 28 itens (versão 6.0) foi usado para avaliar os comportamentos e atitudes relacionados aos transtornos alimentares e desordens alimentares nos últimos 28 dias e foi validado em indivíduos atletas (43). O EDE-Q mede a psicopatologia alimentar desordenada (35). Embora não determine diretamente o risco de baixa disponibilidade de energia, esse questionário tem sido considerado um instrumento de escolha na identificação de comportamentos relacionados aos transtornos alimentares tanto em mulheres, como em homens atletas (43).

TRIAD – CRA

Para auxiliar os profissionais de saúde na triagem e estratificação de atletas do sexo feminino quanto ao risco de desenvolver a Tríade, a *Female Athlete Triad Coalition* desenvolveu perguntas de triagem, bem como uma ferramenta de pontuação de avaliação de risco (*Female Athlete Triad Cum lative Risk Assessment - Triad-CRA*). A ferramenta Triad-CRA consiste em seis domínios de saúde (baixa IA com ou sem desordens alimentares, baixo índice de massa corporal (IMC), menarca tardia, oligomenorreia e/ou amenorreia, baixa densidade mineral óssea e reação ao estresse/ fratura) que podem ser pontuados de 0 (baixo risco) a 2 (alto risco) pontos. Com base no total de pontos marcados, os atletas podem ser estratificados em baixo risco (0 a 1 ponto), risco moderado (2 a 5 pontos) ou alto risco (32).

RED-S CAT

Uma Ferramenta de Avaliação Clínica (RED-S CAT) foi desenvolvida pelo COI para auxiliar na triagem médica e no gerenciamento dos atletas que sofrem RED-S. Com base na avaliação clínica, o RED-S CAT categoriza os atletas em alto risco (sinal vermelho - sem autorização para prática desportiva), devido à gravidade de sua situação clínica, a prática desportiva pode representar alto risco à sua saúde e também pode distrair o atleta de se dedicar ao tratamento e recuperação, risco moderado (sinal amarelo - participação desportiva supervisionada e monitorizada) ou baixo risco (luz verde - desporto completo participação). Embora o RED-S CAT exija validação científica e estudos adicionais, pode

ser uma ferramenta útil para orientar a tomada de decisões entre a equipe médica e técnica (21).

Questionário de transtorno alimentar breve em atletas (BEDA-Q)

O BEDA-Q distingue atletas de elite adolescentes do sexo feminino com e sem transtornos alimentares usando uma pontuação de equação ponderada com base em nove questões. Vários estudos recomendam a combinação de BEDA-Q e LEAF-Q para a triagem de RED-S em atletas para obter maiores percepções sobre comportamentos alimentares que podem causar baixa DE intencional. Embora o BEDA-Q seja validado apenas em atletas adolescentes de elite do sexo feminino, as questões não são específicas para mulheres e existe potencial para uso em atletas do sexo masculino (35).

Ferramenta de triagem específica RED-S (RST)

O RST (versão masculina e feminina) foi desenvolvido para triagem Triad e RED-S em atletas jovens. O RST contém componentes do Exame Ginecológico Pré-Participação (PPGE) e Ferramentas de Triagem de Transtornos Alimentares. Existem pontos de corte específicos para homens e mulheres após ou antes do início da menarca e/ou maiores ou menores de 16 anos. Além de ser projetado para aplicação em ambos os sexos e em todas as idades, considera vários fatores de risco e sintomas de RED-S/LEA (35).

3.6.2. Biomarcadores de Deficiência de Energia

O uso de biomarcadores validados associados ao LEA pode fornecer um método rápido de monitorizar os níveis de energia e identificar atletas potencialmente “em risco” de deficiência de energia (34).

Hormonas do apetite: leptina e grelina

A leptina (hormona supressora do apetite) é um marcador que está presente no tecido adiposo, considerando que os seus níveis parecem ser reduzidos quando a DE é baixa, talvez indicando recuperação inadequada do exercício e deficiência relativa de energia, considerando que a variabilidade da leptina depende da DE e não do stress induzido pelo exercício (2).

A leptina é um importante regulador do metabolismo energético e quando inferior aos níveis normais (crianças entre os 5-9: 0,16 a 16,8ng/mL, crianças entre os 10-13: 1,4 a 16,5ng/mL, crianças entre os 14-17: 0,6 a 24,9ng/mL, mulheres com IMC de 18 a 25: 4,7 a 23,7 ng/mL, mulheres com IMC >30: 8,0 a 38,9 ng/mL, homens com IMC de 18 a 25: 0,3 a 13,4 ng/mL, homens com IMC >30: 1,8 a 19,9 ng/mL), exerce um efeito modulador

periféricamente em vários tecidos e no hipotálamo. Foi demonstrado que a leptina circulante é inequivocamente reduzida com LEA (1).

Os estudos que investigam os níveis de grelina (hormona estimulante do apetite) também relataram resultados mistos, com DE inferior e DE normal associados a níveis mais altos de grelina (2). A grelina é considerada um marcador do estado de energia – níveis mais altos de grelina indicam um estado de energia mais baixo – e vários parâmetros de pulso se correlacionam negativamente com a massa gorda. A secreção noturna de grelina correlacionou-se negativamente com a secreção de LH em atletas amenorreicas, mesmo após o controle da massa gorda (3,4). No entanto, são necessárias mais pesquisas para determinar se as alterações nos níveis de leptina e grelina são sensíveis o suficiente para identificar alterações na DE.

Cortisol

O cortisol é uma hormona esteróide libertada em resposta ao stress. O eixo HPA desempenha um papel crítico no balanço energético, particularmente em relação à ingestão de alimentos, armazenamento de energia e mobilização de energia. As medidas de cortisol demonstraram uma relação em forma de U com IMC e adiposidade, ambos os estados extremamente abaixo do peso e acima do peso ativam potencialmente o eixo HPA, resultando em níveis mais altos de cortisol (3). Em resumo, níveis elevados de cortisol sugerem maior stress fisiológico durante o treino intensivo, sendo mais pronunciado em mulheres com irregularidades menstruais (2).

Hormona de Crescimento

A hormona de crescimento (GH), um peptídeo hipofisário, é necessário para o anabolismo muscular e ósseo e o metabolismo de Hidratos de Carbono, proteínas e lipídios. O GH é estimulado por hormonas como a grelina, e alguns dos efeitos do GH são fortemente mediados pelo fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1) (4).

Fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1)

O fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1) é uma hormona importante para a síntese de proteínas e proliferação celular (1). A baixa DE induz um estado de resistência ao GH, no qual o efeito normal do GH na liberação hepática de IGF-1 é prejudicado, resultando em aumento do GH circulante e redução do IGF-1 circulante. A liberação hipofisária de GH exerce a maioria de seus efeitos através da regulação da liberação de IGF-1 pelo fígado, e por isso, a baixa DE induz um estado de resistência ao

GH em poucos dias, tornando tanto o GH quanto o IGF-1 bons candidatos como marcadores clínicos de LEA de curto prazo (1).

Um declínio acentuado no fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1), mesmo em atletas com função menstrual normal, o IGF-1 diminuiu significativamente. Isso sugere que concentrações mais baixas de IGF-1 podem indicar DE inadequada e treino excessivo em mulheres. Em contraste, nenhuma relação entre IGF-1 e DE foi estabelecida em homens (2).

Insulina e Glicose

A insulina regula o armazenamento de energia (hidratos de carbono, proteínas e gorduras). Em estados de baixa DE, a insulina é tipicamente regulada negativamente para permitir mais disponibilidade de substrato (3). Constatou-se que a insulina tem sensibilidade aumentada quando a DE é cronicamente baixa (2). Níveis mais baixos de glicose em jejum também foram relatados entre aquelas com disfunção menstrual do que em atletas eumenorreicas. Atualmente, pode-se apenas deduzir que atletas do sexo feminino com irregularidades menstruais parecem ter níveis mais baixos de glicose no sangue, o que poderia ser sugestivo de maior stress fisiológico no geral. No entanto, mais trabalho é necessário para chegar a um consenso (2).

A viabilidade de biomarcadores de deficiência de energia não é clara, com questões sobre a avaliação apropriada da DE, limites da DE definidos e técnicas padronizadas que impedem a qualidade da pesquisa nesta área. Estes precisam ser considerados para determinar com precisão a viabilidade de biomarcadores de deficiência energética.

3.7. Dependência do exercício e Desempenho

A dependência do exercício, é conhecida como sendo semelhante aos transtornos de dependência de substâncias, de modo que o exercício é visto como um comportamento viciante intrinsecamente motivado por uma influência no afeto positivo. No entanto, a dependência do exercício não é formalmente reconhecida no Manual Diagnóstico e Estatístico para Transtornos Mentais (DSM-V). Em situações de dependência do exercício, o exercício contínuo é realizado apenas para a gratificação psicológica resultante da atividade física, em vez de ser o resultado de uma outra patologia (13).

Consequentemente, sabe-se que comportamentos alimentares desordenados e distúrbios alimentares ocorrem com frequência em atletas de elite, particularmente do sexo feminino, entre aquelas que competem em classes de peso ou desportos que exigem magreza (36). Por outro lado, os aumentos na carga de treino nem sempre levam a um aumento compensatório na ingestão de energia e isso pode ocorrer inadvertidamente devido a alterações hormonais supressoras do apetite (leptina) que ocorrem com o exercício. Como tal, pode haver o aumento do risco de um atleta desenvolver baixa DE, tornando a ingestão insuficiente de energia um contribuinte lógico para o baixo desempenho durante e após o treino de sobrecarga (44). No entanto, até o momento, não houve estudos de intervenção de longo prazo que controlem a baixa DE e avaliem o desempenho (20).

Um outro ponto importante, é que quando a ingestão de energia é insuficiente durante o período pós-treino, a recuperação pode ser retardada ou incompleta, o que pode diminuir a qualidade e aumentar a fadiga durante o treino seguinte. Além disso, fadiga excessiva pode aumentar o risco de *overreaching/overtraining* (Logue et al., 2018). *Overreaching* é a redução transitória no desempenho que ocorre após a sobrecarga de treino e é impulsionada por um desequilíbrio entre stress e recuperação (44). Portanto, a ingestão reduzida de energia e a subsequente deficiência energética durante o período pós-exercício são problemas cruciais entre os atletas.

Para concluir, a baixa DE e componentes da tríade e RED-S podem levar à diminuição do desempenho atlético e a graves consequências para a saúde a curto e longo prazo (44). Isso destaca a necessidade de deteção precoce, diagnóstico e tratamento dessas condições médicas entre atletas masculinos e femininos (21,22).

4. Ritmo Circadiano

A cronobiologia é a ciência que estuda os ritmos biológicos endógenos, que são os ciclos internos de todos os seres vivos. Existem vários tipos de ritmos biológicos, circadiano, ultradiano e infradiano, sendo o circadiano o mais relevante por atuar no período de tempo correspondente a 24 horas. O ultradiano refere-se a um período de tempo inferior a 20 horas e o infradiano a ciclos superiores a 28 horas. O organismo possui um “relógio biológico central” localizado no hipotálamo, especificamente no núcleo supraquiasmático (NSQ), que recebe e emite informações. Esses ritmos são ajustados aos elementos

ambientais, principalmente o ciclo claro/escuro, sendo a luz seu principal sincronizador ambiental (*zeitgeber*) (5). Outros estímulos exógenos são a ingestão alimentar, o stress, a atividade física ou o sono, também chamados de *zeitgebers*, palavra alemã que se refere a qualquer estímulo externo capaz de ajudar a manter a periodicidade dos ritmos circadianos (5).

4.1. Desempenho do exercício e eficácia do treino ao longo do dia

Ao longo dos anos tem se percebido que os horários a que os atletas treinam influenciam no desempenho físico dos mesmos. O desempenho físico, não é determinado apenas pelo treino, mas também pelo sistema circadiano endógeno, isto é, são gerados pelo próprio organismo (fatores genéticos) (45).

Está bem estabelecido que as pessoas variam amplamente no tempo de seu alinhamento comportamental natural com os ciclos diários de claro-escuro (46). Desta forma, sabe-se que o tempo do relógio interno também influencia o desempenho físico, fazendo com que os cronotipos precoces tenham melhor desempenho por volta do meio-dia, os cronotipos intermediários por volta do meio-dia e os cronotipos tardios à noite (47).

O facto de existirem vários ritmos circadianos consoante o individuo, estes também podem contribuir para a variação da hora do dia no desempenho físico, isto é, a velocidade de movimento dos membros e a força muscular dependem da hora do dia a que o exercício está a ser realizado, assim como a flexibilidade muscular e a força de prensão. A melhoria do desempenho coincide com níveis mais baixos de insulina, cortisol, testosterona total e livre e maior consumo de oxigênio, potência mecânica aeróbica, taxa metabólica e concentrações de glicose e hormona do crescimento. Além disso, fatores como duração, qualidade e inércia do sono influenciam o desempenho (47).

4.2. Padrões Nutricionais e Crononutrição

A Crononutrição é um campo de pesquisa recentemente estabelecido que examina a relação entre o momento da alimentação/nutrição e a saúde do individuo (48).

Do ponto de vista nutricional, um padrão organizado de ingestão de energia parece ter um efeito direto na saúde metabólica e pode contribuir para condições fisiológicas favoráveis, como um maior controlo glicémico nos níveis musculares e hepáticos, melhor aproveitamento e oxidação dos lípidos circulantes, direcionamento de nutrientes para

diferentes tecidos corporais (músculo esquelético), regulação do apetite a nível central e periférico, efeito favorável na gasto calórico e, conseqüentemente, no controlo e manutenção do peso corporal (49). E sendo a nutrição considerada um *zeitgeber*, é um dos fatores externos cruciais para a regulação do ritmo circadiano que conseqüentemente, leva a que ritmicidade dos padrões alimentares e nutricionais seja relevante (49).

Outro fator que não pode ser negligenciado do ponto de vista nutricional, além da composição dos alimentos e das refeições, é a combinação de macronutrientes nas refeições. A associação de hidratos de carbono com proteínas ou proteínas com gorduras pode reduzir a resposta glicêmica, enquanto a ingestão de proteína e de gordura nas refeições noturnas tende a melhorar a resposta glicêmica pós-prandial. Pela manhã, a inclusão de alimentos fonte de proteínas com altas concentrações de triptofano e alimentos ricos em vitaminas do complexo B (B3 e B6) e ômega 3, como sementes de abóbora, amêndoas, pistachos, aveia em flocos, ovos cozidos, iogurte, proteína do leite (*whey protein*) e banana (todos são cofatores das enzimas que convertem o triptofano em melatonina) ajudam a aumentar a produção de melatonina à noite, melhorando a qualidade do sono e, conseqüentemente, ajuda a reduzir o consumo de alimentos à tarde (49).

Além das alterações das hormonas reguladoras do apetite, a função de dois eixos neuro endócrinos principais também é negativamente afetada (eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e eixo hipotálamo-hipófise-gonadal). Isso resulta em aumentos na secreção de hormonas catabólicas, como cortisol, e alterações na secreção de hormonas anabólicas, como testosterona e IGF-1, o que levou a que fosse proposto que essas mudanças nos padrões hormonais podem reduzir a síntese de proteínas e/ou aumentar a proteólise, prejudicando assim a recuperação muscular (50).

Principalmente nos atletas, constatou-se que o consumo de hidratos de carbono pós-exercício é uma importante estratégia nutricional para otimizar a recuperação, principalmente para atletas de resistência. Quando o objetivo de um atleta é maximizar a restauração de glicogénio muscular pós-exercício para apoiar as sessões de treino/competição posteriores, a ingestão de hidratos de carbono deve ocorrer o mais rápido possível após o exercício, para aproveitar as taxas mais altas de síntese de glicogénio muscular nas fases iniciais da recuperação, e maximizar a duração do período em que o substrato exógeno está disponível para armazenamento muscular (51).

4.3. *Jet-Lag* nos Atletas

Dado ao elevado número de competições na maioria dos desportos profissionais, viagens regulares de curta distância (domésticas) e de longa distância (internacionais) são uma necessidade constante, e por isso, o *jet-lag* é uma constante nestes indivíduos (52).

O jet lag é o desalinhamento circadiano que resulta de viagens transmeridianas onde os fusos horários são cruzados, por exemplo uma viagem de avião que vá de leste a oeste ou oeste a leste. No entanto, a gravidade pronuncia-se com o aumento do número de fusos horários cruzados, sabendo que viajar em pelo menos três fusos horários distintos leva ao jet lag (52,53). Quando a viagem é de norte a sul ou de sul a norte, independentemente da duração do voo, o jet lag não é ressentido de forma grave, porque a viagem transmeridiana tem um efeito específico no relógio biológico, isto é o relógio interno acaba por não estar em sintonia com as condições externas. Os sintomas do *jet-lag* ocorrem enquanto o relógio biológico tenta se adaptar (53).

Os atletas são particularmente sensíveis a perturbações causadas pelo jet lag, pois muitas vezes são obrigados a fazer viagens de longas distâncias, como para Jogos Olímpicos ou outros jogos/competições internacionais (53). Participar numa competição no fuso horário local muitas vezes implica que os atletas compitam em um horário em que o relógio interno do atleta esteja sincronizado para a noite (6). Desta forma, à medida que os treinadores e atletas se começaram a consciencializar dos efeitos que o jet lag provoca nos atletas, tentativas têm sido feitas de forma a minimizar os sintomas, como horários de viagens antecipados, para que possa haver um ajuste ao horário local antes da competição, no entanto, isso muitas vezes não é viável (53).

Desta forma, a dessincronização circadiana após a mudança de fuso horário foi proposta como um dos fatores que podem levar a um desempenho menor nos jogos, já que as equipas que viajam para o oeste estão a jogar quando seus ritmos circadianos de “vigia” estão mais próximos do seu ponto mais baixo. Estas mudanças menores de fuso horário não estão associadas ao jet lag observado em viagens de longa distância, mas reúnem uma associação acumulativa com resultados de desempenho mais fracos para cada fuso horário adicional atravessado (54). Esta “desvantagem circadiana” causada pela dessincronização circadiana poderia explicar a tendência de aumento de erros individuais, menos pontos marcados e menores percentagens de vitórias nas equipas viajantes (52).

Discussão e Conclusões

Esta revisão destaca o impacto da baixa DE e uma série de síndromes que podem afetar negativamente a saúde do atleta e o desempenho desportivo. Os atletas precisam ser avaliados e educados individualmente por profissionais de saúde apropriados sobre a DE e as possíveis consequências para a saúde associadas à baixa DE. Esta revisão fornece também novas percepções sobre os questionários atualmente usados para monitorizar ou medir o risco de baixa DE em atletas, considerando que os questionários identificados podem atuar como marcadores substitutos para estimar o risco de baixa DE em grandes populações, quando os recursos não estão prontamente disponíveis ou em ambientes de campo. Como o RED-S/LEA podem prejudicar a saúde e o desempenho dos atletas, esses questionários podem ajudar a indicar precocemente qualquer comportamento alimentar desordenado ou padrões excessivos de exercícios. É importante ressaltar que os questionários devem ser considerados apenas como medidas de triagem e não ferramentas de diagnóstico para LEA, RED-S ou a Tríade.

Pesquisas futuras em atletas são necessárias para determinar a prevalência de RED-S em populações de atletas masculinos e femininos específicas de cada área desportiva, validar ferramentas de avaliação para identificar baixa DE e analisar criticamente a eficácia das intervenções no tratamento.

Quanto ao ritmo circadiano, sabe-se que uma sequência de noites de sono mal dormidas pode levar a diminuições no desempenho e na recuperação dos atletas. Distúrbios e sintomas do sono são excepcionalmente observados em atletas e podem não ser reconhecidos, desta forma, é importante educar os atletas sobre como obter duração, qualidade e tempo de sono adequados.

Concluiu-se também que as intervenções nutricionais selecionadas são uma maneira eficaz de melhorar a sincronização dos relógios biológicos, se o horário das refeições e do sono forem adequadamente respeitados. Dado que o sono é reconhecido como um fator importante durante o exercício, viagens e competições, pesquisas futuras são necessárias para poder avaliar a capacidade dessas intervenções nutricionais para apoiar o sono do atleta, tanto no treino quanto na competição.

Referências Bibliográficas

1. Heikura IA, Stellingwerff T, Areta JL. Low energy availability in female athletes: From the lab to the field. *Eur J Sport Sci* [Internet]. 2022 May [cited 2023 Feb 10];22(5):709–19. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33832385/>
2. Logue D, Madigan SM, Delahunt E, Heinen M, Mc Donnell SJ, Corish CA. Low Energy Availability in Athletes: A Review of Prevalence, Dietary Patterns, Physiological Health, and Sports Performance. *Sports Med*. 2019 Jan;48(1):73–96.
3. Elliott-Sale KJ, Tenforde AS, Parziale AL, Holtzman B, Ackerman KE. Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2019 Jul 1 [cited 2023 Feb 17];28(4):335–49. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30008240/>
4. Dipla K, Kraemer RR, Constantini NW, Hackney AC. Relative energy deficiency in sports (RED-S): elucidation of endocrine changes affecting the health of males and females. *Hormones (Athens)* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2023 Feb 10];20(1):35–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32557402/>
5. Ayala V, Martínez-Bebia M, Latorre JA, Gimenez-Blasi N, Jimenez-Casquet MJ, Conde-Pipo J, et al. Influence of circadian rhythms on sports performance. *Chronobiol Int*. 2021 Nov;38(11):1522–36.
6. Thun E, Bjorvatn B, Flo E, Harris A, Pallesen S. Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Med Rev* [Internet]. 2019 Oct 1 [cited 2023 Jan 16];23:1–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25645125/>
7. Vitale KC, Owens R, Hopkins SR, Malhotra A. Sleep Hygiene for Optimizing Recovery in Athletes: Review and Recommendations. *Int J Sports Med* [Internet]. 2019 Aug [cited 2022 Dec 29];40(8):535–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31288293/>
8. Moss SL, Randell RK, Burgess D, Ridley S, ÓCairealláin C, Allison R, et al. Assessment of energy availability and associated risk factors in professional female soccer players. *Eur J Sport Sci*. 2021 Jun;21(6):861–70.
9. Blauwet CA, Brook EM, Tenforde AS, Broad E, Hu CH, Abdu-Glass E, et al. Low Energy Availability, Menstrual Dysfunction, and Low Bone Mineral Density in Individuals with a Disability: Implications for the Para Athlete Population. *Sports Med* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2023 Feb 17];47(9):1697–708. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28213754/>
10. Bowler ALM, Coffey VG, Cox GR. Sports Dietitian practices for assessing and managing athletes at risk of low energy availability (LEA). *J Sci Med Sport* [Internet]. 2022 Jun 1 [cited 2023 Feb 17];25(6):460–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35272936/>
11. Ihalainen JK, Kettunen O, McGawley K, Solli GS, Hackney AC, Mero AA, et al. Body Composition, Energy Availability, Training, and Menstrual Status in Female Runners. *Int J Sports Physiol Perform*. 2021 Jul;16(7):1043–8.

12. Dasa MS, Friberg O, Kristoffersen M, Pettersen G, Sundgot-Borgen J, Rosenvinge JH. Accuracy of Tracking Devices' Ability to Assess Exercise Energy Expenditure in Professional Female Soccer Players: Implications for Quantifying Energy Availability. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2023 Feb 17];19(8). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35457635/>
13. Kuikman MA, Mountjoy M, Burr JF. Examining the Relationship between Exercise Dependence, Disordered Eating, and Low Energy Availability. *Nutrients* [Internet]. 2021 Aug 1 [cited 2023 Feb 17];13(8). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34444761/>
14. Jagim AR, Fields J, Magee MK, Kerksick CM, Jones MT. Contributing Factors to Low Energy Availability in Female Athletes: A Narrative Review of Energy Availability, Training Demands, Nutrition Barriers, Body Image, and Disordered Eating. *Nutrients* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2023 Feb 17];14(5). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35267961/>
15. Skarakis NS, Mastorakos G, Georgopoulos N, Goulis DG. Energy deficiency, menstrual disorders, and low bone mineral density in female athletes: a systematic review. *Hormones (Athens)* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2023 Feb 10];20(3):439–48. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33884586/>
16. Jonvik KL, Vardardottir B, Broad E. How Do We Assess Energy Availability and Relative Energy Deficiency (RED-S) Risk Factors in Para Athletes? *Nutrients*. 2022 Mar;14(5).
17. Casazza GA, Tovar AP, Richardson CE, Cortez AN, Davis BA. Energy Availability, Macronutrient Intake, and Nutritional Supplementation for Improving Exercise Performance in Endurance Athletes. *Curr Sports Med Rep*. 2019 Jun;17(6):215–23.
18. Lane AR, Hackney AC, Smith-Ryan A, Kucera K, Registrar-Mihalik J, Ondrak K. Prevalence of Low Energy Availability in Competitively Trained Male Endurance Athletes. *Medicina (Kaunas)* [Internet]. 2019 Oct 1 [cited 2023 Feb 10];55(10). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31581498/>
19. Hutson MJ, O'Donnell E, Brooke-Wavell K, Sale C, Blagrove RC. Effects of Low Energy Availability on Bone Health in Endurance Athletes and High-Impact Exercise as A Potential Countermeasure: A Narrative Review. *Sports Med* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2023 Feb 10];51(3):391–403. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33346900/>
20. Areta JL, Taylor HL, Koehler K. Low energy availability: history, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2023 Feb 17];121(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33095376/>
21. Robertson S, Mountjoy M. A Review of Prevention, Diagnosis, and Treatment of Relative Energy Deficiency in Sport in Artistic (Synchronized) Swimming. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2019 Jul 1 [cited 2023 Feb 10];28(4):375–84. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29722578/>

22. Figel K, Pritchett K, Pritchett R, Broad E. Energy and Nutrient Issues in Athletes with Spinal Cord Injury: Are They at Risk for Low Energy Availability? *Nutrients*. 2019 Aug;10(8).
23. Condo D, Lohman R, Kelly M, Carr A. Nutritional Intake, Sports Nutrition Knowledge and Energy Availability in Female Australian Rules Football Players. *Nutrients* [Internet]. 2019 Apr 28 [cited 2023 Feb 10];11(5). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31035346/>
24. Cherian KS, Sainoji A, Nagalla B, Yagnambhatt VR. Energy Balance Coexists with Disproportionate Macronutrient Consumption Across Pretraining, During Training, and Posttraining Among Indian Junior Soccer Players. *Pediatr Exerc Sci* [Internet]. 2019 Nov 1 [cited 2023 Feb 17];30(4):506–15. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30205762/>
25. Ishibashi A, Kojima C, Tanabe Y, Iwayama K, Hiroshima T, Tsuji T, et al. Effect of low energy availability during three consecutive days of endurance training on iron metabolism in male long-distance runners. *Physiol Rep* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2023 Feb 17];8(12). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32597030/>
26. Taguchi M, Moto K, Lee S, Torii S, Hongu N. Energy Intake Deficiency Promotes Bone Resorption and Energy Metabolism Suppression in Japanese Male Endurance Runners: A Pilot Study. *Am J Mens Health*. 2020;14(1):1557988320905251.
27. Shirley MK, Longman DP, Elliott-Sale KJ, Hackney AC, Sale C, Dolan E. A Life History Perspective on Athletes with Low Energy Availability. *Sports Med* [Internet]. 2022 Jun 1 [cited 2022 Dec 29];52(6):1223–34. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35113390/>
28. Meng R, Cao Y, Kong Y, Wang K, Yang Z, Jia Y, et al. Effects of circadian rhythm disorder on body composition in women aged 31-40 years. *Ann Palliat Med*. 2021 Jan;10(1):340–9.
29. Rogers MA, Drew MK, Appaneal R, Lovell G, Lundy B, Hughes D, et al. The Utility of the Low Energy Availability in Females Questionnaire to Detect Markers Consistent with Low Energy Availability-Related Conditions in a Mixed-Sport Cohort. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2023 Feb 17];31(5):427–37. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34284349/>
30. De Souza MJ, Koltun KJ, Williams NI. The Role of Energy Availability in Reproductive Function in the Female Athlete Triad and Extension of its Effects to Men: An Initial Working Model of a Similar Syndrome in Male Athletes. *Sports Med* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2023 Feb 10];49(Suppl 2):125–37. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31696452/>
31. Papageorgiou M, Dolan E, Elliott-Sale KJ, Sale C. Reduced energy availability: implications for bone health in physically active populations. *Eur J Nutr* [Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2023 Feb 10];57(3):847–59. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28721562/>

32. Goldstein R, Carlson J, Tenforde A, Golden N, Fredericson M. Low-Energy Availability and the Electronic Preparticipation Examination in College Athletes: Is There a Better Way to Screen? *Curr Sports Med Rep* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2023 Feb 17];20(9):489–93. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34524193/>
33. De Souza MJ, Strock NCA, Ricker EA, Koltun KJ, Barrack M, Joy E, et al. The Path Towards Progress: A Critical Review to Advance the Science of the Female and Male Athlete Triad and Relative Energy Deficiency in Sport. *Sports Med* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2023 Feb 17];52(1):13–23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34665451/>
34. Stenqvist TB, Melin AK, Garthe I, Slater G, Paulsen G, Iraki J, et al. Prevalence of Surrogate Markers of Relative Energy Deficiency in Male Norwegian Olympic-Level Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2021 Nov 1 [cited 2023 Feb 17];31(6):497–506. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34489365/>
35. Sim A, Burns SF. Review: questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes. Vol. 9, *Journal of Eating Disorders*. BioMed Central Ltd; 2021.
36. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M, Mc Donnell SJ, et al. Low Energy Availability in Athletes 2020: An Updated Narrative Review of Prevalence, Risk, Within-Day Energy Balance, Knowledge, and Impact on Sports Performance. *Nutrients* [Internet]. 2020 Mar 20 [cited 2023 Feb 10];12(3). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32245088/>
37. Torstveit MK, Fahrenholtz I, Stenqvist TB, Sylta O, Melin A. Within-Day Energy Deficiency and Metabolic Perturbation in Male Endurance Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2019 Jul 1 [cited 2023 Feb 17];28(4):419–27. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29405793/>
38. Prus D, Mijatovic D, Hadzic V, Ostojic D, Versic S, Zenic N, et al. (Low) Energy Availability and Its Association with Injury Occurrence in Competitive Dance: Cross-Sectional Analysis in Female Dancers. *Medicina (Kaunas)* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2023 Feb 10];58(7). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35888572/>
39. Sharps FRJ, Wilson LJ, Graham CAM, Curtis C. Prevalence of disordered eating, eating disorders and risk of low energy availability in professional, competitive and recreational female athletes based in the United Kingdom. *Eur J Sport Sci* [Internet]. 2022 [cited 2023 Feb 17];22(9):1445–51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34121611/>
40. Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. The female football player, disordered eating, menstrual function and bone health. *Br J Sports Med* [Internet]. [cited 2023 Feb 17];41 Suppl 1(Suppl 1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17609221/>

41. Hull M V., Jagim AR, Oliver JM, Greenwood M, Busteed DR, Jones MT. Gender differences and access to a sports dietitian influence dietary habits of collegiate athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019 Oct 18;13(1).
42. Meng K, Qiu J, Benardot D, Carr A, Yi L, Wang J, et al. The risk of low energy availability in Chinese elite and recreational female aesthetic sports athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020 Mar;17(1):13.
43. Pritchett K, DiFolco A, Glasgow S, Pritchett R, Williams K, Stellingwerff T, et al. Risk of Low Energy Availability in National and International Level Paralympic Athletes: An Exploratory Investigation. *Nutrients.* 2021 Mar;13(3).
44. Kuikman MA, Coates AM, Burr JF. Markers of Low Energy Availability in Overreached Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med [Internet].* 2022 Dec 1 [cited 2023 Feb 17];52(12):2925–41. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35819582/>
45. Silva HH, Tavares V, Silva MRG, Neto BV, Cerqueira F, Medeiros R. FAAH rs324420 Polymorphism Is Associated with Performance in Elite Rink-Hockey Players. *Biology (Basel).* 2022 Jul 1;11(7).
46. Duglan D, Lamia KA. Clocking In, Working Out: Circadian Regulation of Exercise Physiology. *Trends Endocrinol Metab.* 2019 Jun;30(6):347–56.
47. Lok R, Zerbini G, Gordijn MCM, Beersma DGM, Hut RA. Gold, silver or bronze: circadian variation strongly affects performance in Olympic athletes. *Sci Rep.* 2020 Oct;10(1):16088.
48. Doherty R, Madigan S, Warrington G, Ellis J. Sleep and Nutrition Interactions: Implications for Athletes. *Nutrients [Internet].* 2019 Apr 11 [cited 2022 Dec 29];11(4). Available from: </pmc/articles/PMC6520871/>
49. Estanislau TB, Kruger K, Rosa-Neto JC, Padilha CS, Gonçalves DC, Minuzzi LG, et al. Feeding Pattern, Circadian Rhythm, and Immune Function: What do we know about? *Curr Pharm Des.* 2022;28(30):2478–87.
50. Halson SL. Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Med [Internet].* 2019 [cited 2023 Jan 16];44 Suppl 1(Suppl 1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24791913/>
51. McKay AKA, Pyne DB, Burke LM, Peeling P. Iron Metabolism: Interactions with Energy and Carbohydrate Availability. *Nutrients.* 2020 Nov;12(12).
52. Simmons N, Mandal S, Paton B, Ahmed I. Are Circadian Rhythms a New Frontier in Athletic Performance? *Curr Sports Med Rep.* 2022 Jan;21(1):5–7.
53. Forbes-Robertson S, Dudley E, Vadgama P, Cook C, Drawer S, Kilduff L. Circadian disruption and remedial interventions: effects and interventions for jet lag for athletic peak performance. *Sports Med [Internet].* 2019 [cited 2023 Jan 16];42(3):185–208. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22299812/>
54. Simon SL, Diniz Behn C, Laikin A, Kaar JL, Rahat H, Cree-Green M, et al. Sleep & circadian health are associated with mood & behavior in adolescents with

overweight/obesity. Behavioral sleep medicine [Internet]. 2020 Jul 3 [cited 2022 Dec 29];18(4):550. Available from: /pmc/articles/PMC6923622/

Anexos

Tabela 1

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Thuna, 2019	Revisão	O impacto do sono e dos ritmos circadianos em estudos que utilizam medidas diretas de desempenho atlético.	Atletas	Revisão Sistemática	O desempenho atlético parece ser melhor à noite, na hora em que a temperatura corporal central normalmente está no pico. A privação do sono foi negativamente associada ao desempenho, enquanto a extensão do sono parece melhorar o desempenho. Os efeitos da dessincronização dos ritmos circadianos dependem da hora local em que ocorre a performance.	Embora uma noite de sono pior e uma hora do dia abaixo do ideal nem sempre prejudiquem o desempenho, uma boa noite de sono e um relógio interno sintonizado para o entardecer são fatores importantes para atletas determinados a dar o melhor de si.
Hull, 2019	Estudo Caso	O primeiro objetivo foi examinar os hábitos alimentares e comportamentos alimentares de atletas universitários que tiveram acesso a um SD em tempo integral como fonte primária de informação nutricional e compará-los com aqueles que usaram fontes não SD. O segundo objetivo foi avaliar as diferenças nos hábitos e práticas alimentares entre homens e mulheres atletas universitários.	Atletas do Sexo Feminino	Trezentos e oitenta e três mulheres (n = 240) e homens (n = 143) estudantes-atletas (média ± DP: idade = 19,7 ± 1,4 anos) de 10 desportos universitários responderam a uma pesquisa de 15 minutos que consistia em perguntas sobre hábitos alimentares e práticas.	Quando um SD foi indicado como fonte primária de informação nutricional, os atletas pareciam ter uma maior compreensão da periodização de nutrientes (47,12% vs. 32,85%), eram mais propensos a receber refeições embaladas fornecidas pela escola durante as viagens da equipe (21,29% vs. 6,77%) e também menos propensos a consumir fast food durante as viagens da equipe (9,90% vs. 19,55%). Os atletas do sexo masculino consumiram mais fast food ou refeições em restaurantes, tiveram maior ingestão semanal e mais frequente de álcool durante a temporada competitiva. As mulheres atletas eram mais propensas a preparar refeições, tomar café da manhã 7 dias por semana e receber refeições em caixas fornecidas pela escola.	Efeitos positivos sobre os hábitos alimentares foram observados quando um DS foi a principal fonte de informação nutricional. Os profissionais devem estar cientes das diferenças de gênero na ingestão de álcool, consumo de fast food e conhecimento da periodização dos nutrientes. Atletas universitários e membros da equipe atlética podem se beneficiar do acesso SD para proteger contra hábitos alimentares prejudiciais ao desempenho.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Blauwet, 2019	Revisão	Sintetizar a literatura disponível sobre estado de energia, função menstrual e saúde óssea em atletas do sexo feminino com deficiência.	Paraatletas	Revisão Sistemática	A revisão da literatura disponível em atletas sugere que atletas masculinos e femininos com lesão medular apresentam fatores de risco para baixa disponibilidade de energia. A densidade mineral óssea também pode mostrar melhorias para atletas em cadeira de rodas ou atletas com paralisia cerebral hemiplégica quando comparada com uma população de não atletas deficientes. No entanto, a prevalência das três condições e implicações na saúde dos Paraatletas é amplamente desconhecida e representa uma lacuna importante na literatura da medicina desportiva.	Embora a disponibilidade de energia, a função menstrual e a DMO tenham sido estudadas extensivamente em atletas do sexo feminino, poucos estudos investigaram a prevalência, os efeitos e o impacto cumulativo das três condições em atletas com deficiência.
Papageorgiou, 2019	Revisão	A presente revisão avalia criticamente a literatura existente sobre os efeitos da baixa disponibilidade de energia (DE) de curto e longo prazo no metabolismo ósseo e na saúde de indivíduos fisicamente ativos.	Indivíduos fisicamente ativos	Revisão Narrativa	As evidências disponíveis indicam que a baixa EA pode aumentar os marcadores de reabsorção óssea e diminuir os marcadores de formação óssea em mulheres fisicamente ativas. As respostas dos marcadores metabólicos ósseos à baixa EA são menos conhecidas em homens fisicamente ativos. Estudos transversais que investigam os efeitos da baixa EA de longo prazo sugerem que indivíduos fisicamente ativos que têm baixa EA apresentam menor massa óssea, metabolismo ósseo alterado (favorecendo a reabsorção óssea), redução da resistência óssea e aumento do risco de fraturas por estresse.	A EA reduzida tem influência negativa no osso tanto a curto quanto a longo prazo, e todo esforço deve ser feito para reduzir sua ocorrência em indivíduos fisicamente ativos. Intervenções futuras são necessárias para explorar os efeitos da EA reduzida a longo prazo nos resultados da saúde óssea, enquanto estudos de EA baixa de curto prazo também são necessários para fornecer informações sobre a fisiopatologia das alterações ósseas.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Logue, 2019	Revisão	Esta revisão discute o que é LEA, como é medido atualmente e a falta de pesquisa sobre potenciais biomarcadores de deficiência energética. Além disso, são examinados os problemas fisiológicos e de saúde, os padrões alimentares e o impacto potencial no desempenho esportivo associado ao LEA, e as intervenções para minimizar os efeitos deletérios do LEA na saúde dos atletas são avaliadas de forma crítica.	Atletas	Revisão Sistemática	Esta revisão destaca o impacto da LEA em uma série de funções fisiológicas que podem afetar negativamente a saúde do atleta e o desempenho esportivo. Os atletas precisam ser avaliados e educados individualmente por um profissional de saúde apropriado sobre a EA e as possíveis consequências para a saúde associadas à LEA.	Um método padronizado para medir a EA é uma prioridade. A falta de informações sobre lesões, doenças e fatores de risco de DCV em um estado de deficiência relativa de energia, e sobre intervenções eficazes de dieta e exercícios para uso dentro deste grupo, implica a necessidade de mais pesquisas para garantir que os atletas alcancem a saúde e o desempenho desportivo ideal.
Elliott-Sale, 2019	Revisão	Estudar os efeitos endócrinos do RED-S, ou o que o modelo RED-S lista como consequências “metabólicas”, “endócrinas”, “função menstrual” e “saúde óssea”.	Atletas	Revisão Sistemática	Em ambos os sexos, a leptina anorexígena é menor em estados de baixa DE. Os níveis da hormona reguladora da glicose, insulina, são mais baixos em atletas masculinos e femininos com deficiência energética, enquanto sua hormona é co-secretada, amilina, não foi investigado em atletas com EA reduzida. O cortisol é normalmente elevado em estados de baixa DE, mas também é elevado em outros estados de stress, como durante o exercício. Hormônios sexuais femininos baixos, estradiol e progesterona, têm sido consistentemente relatados em estados de baixa IA. Baixa DMO foi relatada em atletas do sexo feminino e masculino com maior risco de baixa EA, embora muito mais trabalho tenha sido feito em mulheres com deficiência energética.	Com um estudo prospectivo mais rigoroso das interações hormonais durante as mudanças na EA em populações atléticas, podemos descobrir faixas hormonais específicas para atletas em comparação com não atletas. Também podemos descobrir que a otimização de certos padrões hormonais por meio de dieta e treino deve ser individualizada com base em testes repetidos. Esse trabalho melhorará nosso atendimento aos atletas em risco de RED-S e informará melhor seu treino e planejamento nutricional para uma saúde e desempenho ideais.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Casazza, 2019	Revisão	Esta revisão visa resumir as descobertas de pesquisa mais atuais sobre a ingestão ideal de calorias, hidratos de carbono e proteínas para a saúde, desempenho e recuperação do atleta. Também resume novas descobertas sobre a ingestão de líquidos, a dose e o momento ideais da suplementação de beterraba e cafeína no desempenho de contra-relógio em atletas de resistência.	Atletas de Resistência	Revisão Sistemática	A manutenção da disponibilidade de energia é essencial para a maior parte da temporada para atletas de resistência e deve ser avaliada por meio de registos de dieta e estimativas de gasto de energia por meio de equações para RMR multiplicado por fatores de atividade ou por monitores de atividade. Questionários (Triade de Ferramenta de Avaliação de Risco Cumulativo, Ferramenta de Avaliação de Deficiência de Energia Relativa no Esporte e Questionário de Baixa Disponibilidade de Energia em Mulheres) também podem ser usados para avaliar se os atletas estão sofrendo de quaisquer sinais ou sintomas de baixa disponibilidade de energia.	Os atletas devem periodizar sua ingestão de carboidratos com base em sua meta de treino e evento desportivo para maximizar o desempenho e a recuperação do exercício. Atletas de resistência requerem maior ingestão diária de proteína e ingestão de proteína durante e após o exercício para maximizar o desempenho e a recuperação do exercício.
Cherian, 2019	Estudo Caso	Avaliar o gasto energético, a ingestão energética e a adequação nutricional de jogadores de futebol juniores indianos.	Atletas do Sexo Masculino	Quarenta jogadores de futebol de nível nacional júnior (sub-12 e sub-16) foram avaliados para registos alimentares pesados de 3 dias e gasto energético de 3 dias. A ingestão de energia e nutrientes foi analisada a partir de registos alimentares, e o gasto energético foi medido usando um analisador metabólico portátil e registos de atividade. A adequação nutricional foi determinada comparando-se a ingestão com as recomendações vigentes.	Os jogadores não apresentaram diferença significativa entre a ingestão de energia (meninos = 3062 [340,9] e meninas = 2243 [320,3] kcal·d) e gasto (meninos = 2875 [717,3] e meninas = 2442 [350,3] kcal·d). Em todas as faixas etárias, os meninos Sub-12 apresentaram balanço energético positivo em comparação com déficits energéticos em Sub-16. As meninas apresentaram déficits energéticos, embora não significativos. Houve 58% de meninas apresentando disponibilidade energética <30 kcal·kg de massa livre de gordura, das quais 37% eram jogadoras Sub-16. Os hidratos de carbono contribuíram para >60% do gasto energético entre 95,2% dos meninos e 73,7% das meninas. Entre 52,4% de meninos e 47,4% de meninas, <25% do gasto energético foi contribuído pela gordura. Mais de 95% dos jogadores consumiram <1 g·kg de hidratos de carbono pré-treino e 100% deles consumiram >1,2 g·kg de hidratos de carbono pós-treino.	Jogadores de futebol juniores consumiram mais carboidratos do que o recomendado na dieta, embora não alinhando com as necessidades de refeições pré-treino, durante o treino e pós-treino. Tendo em conta os défices energéticos observados nos jogadores de Sub-16, justifica-se uma modificação dietética adequada.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Cherian, 2019	Estudo Caso	Avaliar o gasto energético, a ingestão energética e a adequação nutricional de jogadores de futebol juniores indianos.	Atletas do Sexo Masculino	Quarenta jogadores de futebol de nível nacional júnior (sub-12 e sub-16) foram avaliados para registos alimentares pesados de 3 dias e gasto energético de 3 dias. A ingestão de energia e nutrientes foi analisada a partir de registos alimentares, e o gasto energético foi medido usando um analisador metabólico portátil e registos de atividade.	Os jogadores não apresentaram diferença significativa entre a ingestão de energia (meninos = 3062 [340,9] e meninas = 2243 [320,3] kcal·d) e gasto (meninos = 2875 [717,3] e meninas = 2442 [350,3] kcal·d). Em todas as faixas etárias, os meninos Sub-12 apresentaram balanço energético positivo em comparação com déficits energéticos em Sub-16. As meninas apresentaram déficits energéticos, embora não significativos. Houve 58% de meninas apresentando disponibilidade energética <30 kcal·kg de massa livre de gordura, das quais 37% eram jogadoras Sub-16. Os hidratos de carbono contribuíram para >60% do gasto energético entre 95,2% dos meninos e 73,7% das meninas. Entre 52,4% de meninos e 47,4% de meninas, <25% do gasto energético foi contribuído pela gordura. Mais de 95% dos jogadores consumiram <1 g·kg de hidratos de carbono pré-treino e 100% deles consumiram >1,2 g·kg de hidratos de carbono pós-treino.	Jogadores de futebol juniores consumiram mais carboidratos do que o recomendado na dieta, embora não alinhando com as necessidades de refeições pré-treino, durante o treino e pós-treino. Tendo em conta os défices energéticos observados nos jogadores de Sub-16, justifica-se uma modificação dietética adequada.
Robertson, 2019	Revisão	Este artigo analisa as consequências para a saúde e o desempenho associadas à baixa disponibilidade de energia, resultando em RED-S na natação artística. Considerações médicas e nutricionais específicas para natação artística são revisadas e métodos para ajudar a detectar e gerenciar RED-S são discutidos.	Atletas de Ginástica Artística	Revisão Sistemática.	O risco de RED-S é alto na natação artística, pois é um desporto estético e julgado com ênfase em um corpo magro. O RED-S é uma preocupação significativa no desporto de natação artística devido aos potenciais efeitos negativos na saúde física e mental, bem como as consequências no desempenho atlético.	Dado o risco do RED-S na natação artística, a FINA deve se concentrar em educar atletas, treinadores e profissionais médicos sobre as consequências do RED-S na saúde e no desempenho para estimular a prevenção por meio da conscientização e melhorar a detecção e o tratamento precoces. Pesquisas futuras em natação artística são necessárias para (a) determinar a prevalência de RED-S nesta população de atletas masculinos e femininos, (b) validar ferramentas de avaliação para identificar LEA e (c) analisar criticamente a eficácia das intervenções de tratamento.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Torstveit, 2019	Estudo Caso	O objetivo foi estimar e comparar o balanço energético diário em atletas do sexo masculino com taxa metabólica de repouso suprimida e normal (RMR) e explorar se a deficiência energética diária está associada a marcadores endócrinos de deficiência energética.	Atletas do Sexo Masculino	O protocolo incluiu medições de RMR por capuz ventilado e consumo de energia e gasto de energia para prever RMRratio (RMR medido/RMR previsto), disponibilidade de energia, balanço de energia de 24 horas e balanço de energia dentro do dia em intervalos de 1 hora, avaliação da composição corporal por absorciometria de raios X de dupla energia e análise de plasma sanguíneo.	Os indivíduos foram categorizados como tendo RMR suprimido (RMRratio < 0,90, n = 20) ou normal (RMRratio > 0,90, n = 11). Apesar de não haver diferenças observadas no balanço energético de 24 horas ou na disponibilidade de energia entre os grupos, os indivíduos com RMR suprimida passaram mais tempo em um déficit de energia superior a 400 kcal (20,9 [18,8–21,8] h vs. 10,8 [2,5–16,4], p = 0,023) e tiveram maiores déficits de energia em uma hora em comparação com indivíduos com RMR normal (3.265 ± 1.963 kcal vs. 1.340 ± 2.439, p = 0,023). Maiores déficits de energia em uma única hora foram associados a níveis mais altos de cortisol (r = 0.499, p = 0.004) e a uma menor proporção de testosterona:cortisol (r = 0.431, p = 0.015), mas sem associações com triiodotironina ou jejum glicemia foram observados.	Em conclusão, descobrimos que atletas de resistência do sexo masculino com RMR suprimida, apesar de EB e EA de 24 horas semelhantes, gastaram mais tempo em déficits de energia superiores a 400 kcal e tiveram maiores déficits de energia em uma única hora em comparação com aqueles com RMR normal. O WDED foi associado a níveis mais altos de cortisol e a uma proporção menor de testosterona:cortisol. Os resultados sugerem que avaliar o estado de energia em intervalos de 24 horas pode não ser suficiente para detectar atletas em risco de consequências relacionadas à saúde causadas por deficiência de energia.
Figel, 2019	Revisão	Esta revisão avaliará a literatura e avaliará se esta população está em risco de LEA.	Atletas com lesão na medula espinhal	Revisão da Literatura	A revisão da literatura atual sugere que os atletas com SCI podem ter um risco aumentado de LEA. Enquanto faltam pesquisas que examinem a EA e o risco de LEA em atletas com SCI, o número de atletas com SCI continua a aumentar.	Os atletas com SCI podem estar em risco aumentado em relação à ingestão inadequada de nutrientes e LEA. No entanto, achados desta revisão devem ser ponderados com limitações, pois não há estudos atuais que avaliem a EA nessa população. Devido a essa limitação, os autores utilizaram pesquisas que avaliaram a ingestão de nutrientes e energia entre paraatletas e indivíduos sedentários.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Logue, 2019	Revisão	Esta revisão discute o que é LEA, como é medido atualmente e a falta de pesquisa sobre potenciais biomarcadores de deficiência energética. Além disso, são examinados os problemas fisiológicos e de saúde, os padrões alimentares e o impacto potencial no desempenho esportivo associado ao LEA, e as intervenções para minimizar os efeitos deletérios do LEA na saúde dos atletas são avaliadas de forma crítica.	Atletas	Revisão Sistemática	Esta revisão destaca o impacto da LEA em uma série de funções fisiológicas que podem afetar negativamente a saúde do atleta e o desempenho esportivo. Os atletas precisam ser avaliados e educados individualmente por um profissional de saúde apropriado sobre a EA e as possíveis consequências para a saúde associadas à LEA.	Um método padronizado para medir a EA é uma prioridade. A falta de informações sobre lesões, doenças e fatores de risco de DCV em um estado de deficiência relativa de energia, e sobre intervenções eficazes de dieta e exercícios para uso dentro deste grupo, implica a necessidade de mais pesquisas para garantir que os atletas alcancem a saúde e o desempenho desportivo ideal.
Souza, 2019	Revisão	Esta revisão fornece uma breve visão geral da Tríade da Atleta Feminina, incluindo a atualização do pensamento atual sobre a disponibilidade de energia e como ela se relaciona com a função reprodutiva, e prepara o terreno para um modelo de trabalho inicial de uma síndrome semelhante em homens que será baseado em dados atualmente disponíveis. evidência e mais tarde será definida e referida como uma Tríade de Atletas Masculinos pela recém-renomeada Coalizão de Tríades de Atletas Masculinos e Femininos.	Atletas	Revisão Sistemática	Embora o RED-S tenha trazido um novo interesse para as investigações relacionadas à baixa disponibilidade de energia e deficiência de energia em homens, é em grande parte uma reformulação da ciência da Tríade e sempre foi reconhecido pelos pesquisadores da Tríade que uma condição semelhante à Tríade da Atleta Feminina provavelmente existe em homens. À medida que um modelo de Tríade de Atleta Masculino é estabelecido, métodos semelhantes em rigor científico aos usados para desenvolver sua contraparte feminina devem ser replicados de forma que a qualidade da evidência, a causalidade entre os componentes e a relevância clínica sejam consideradas e destacadas.	Investigações de alta qualidade precisam ser conduzidas especificamente em homens que praticam exercícios, bem como comparações entre os sexos, a fim de continuar a melhorar nossa compreensão dos efeitos da baixa energia em homens e mulheres que participam de exercícios e desportos.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Condo, 2019	Estudo Caso	Este estudo teve como objetivo avaliar a ingestão nutricional, o conhecimento sobre nutrição esportiva e o risco de Baixa Disponibilidade Energética (LEA) em jogadoras de futebol australiano.	Atletas de Futebol Femininas	As jogadoras da competição feminina Victorian Football League (VFLW) (n = 30) com idades entre 18 e 35 anos (peso: 64,5 kg ± 8,0; altura: 168,2 cm ± 7,6) foram recrutadas em Victoria, Austrália. A ingestão nutricional foi quantificada nos dias de treino usando o Automated 24 h Dietary Assessment Tool (ASA24-Australia), e o conhecimento sobre nutrição esportiva foi medido pelo Questionário de Conhecimento em Nutrição Esportiva de 88 itens (SNKQ). O risco de LEA foi avaliado usando o Questionário de Baixa Disponibilidade de Energia em Mulheres (LEAF-Q).	A ingestão média diária de hidratos de Carbono na investigação atual foi de 3 g/kg/dia abaixo da recomendação mínima de Hidratos de Carbono para exercícios moderados de aproximadamente , portanto, uma hora por dia (5–7 g/kg/dia), 96,3% de 100% dos jogadores, respectivamente. A ingestão diária média de proteína foi de 1,5 g/kg/dia e para exercícios moderados a intensos por 1–3 h por dia (6–10 g/kg/dia) com as recomendações (1,2–2,0 g/kg/dia). Portanto, abaixo das recomendações (1000 mg·d) a ingestão foi de 924,8 mg·d , enquanto a ingestão média de ferro foi de 12,2 mg·d jogadores. Os jogadores acertaram 54,5% das questões do SNKQ, com as pontuações mais baixas observadas na seção de suplementos. O risco de LEA foi evidente em 30% dos jogadores, sem diferenças na ingestão de carboidratos (p = 0,238), proteína (p = 0,296), gordura (p = 0,490) ou energia (p = 0,971) entre jogadores com risco de LEA e aqueles que não estão em risco.	Os resultados sugerem que as jogadoras de futebol australiano apresentam uma ingestão inadequada de carboidratos e cálcio e baixo conhecimento em nutrição esportiva. Mais investigações para avaliar o risco de LEA usando medidas diretas são necessárias.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Doherty, 2019	Revisão	Esta revisão narrativa explora a relação entre sono e nutrição.	Atletas	Revisão Narrativa	Nutrientes como antioxidantes, proteínas ricas em triptofano, carboidratos, melatonina, micronutrientes e frutas podem afetar o sono. O sono pode ser promovido pela inibição dos mecanismos promotores da vigília ou pelo aumento dos fatores promotores do sono por meio de intervenções nutricionais.	Com base nesta revisão da literatura científica existente, parece haver um escopo considerável para uma investigação mais aprofundada das intervenções nutricionais destinadas a melhorar a qualidade e a quantidade do sono ou promover a saúde geral, a saúde do sono, as adaptações de treino e/ou a recuperação em populações gerais e atléticas.
Duglan, 2019	Revisão	Discutir o papel dos relógios circadianos no exercício, explorando os efeitos da hora do dia e os mecanismos moleculares e fisiológicos propostos.	Atletas	Revisão Sistemática	Embora as diferenças de hora do dia no desempenho do exercício humano tenham sido um tópico de interesse considerável, muito poucos estudos investigaram diretamente a regulação subjacente por relógios centrais e específicos do tecido.	Elucidar os mecanismos controlados pelo relógio molecular da função do músculo esquelético será crítico para o futuro deste campo, bem como a integração necessária com outros relógios periféricos, o marcapasso circadiano e a produção neuro-hormonal (ver Questões pendentes). As exigências fisiológicas das práticas comportamentais (particularmente treinos intensos, regimes alimentares e hábitos de sono) também exigirão atenção cuidadosa neste processo. Essas pistas de arrastamento impostas pessoal e socialmente podem moldar a função do relógio molecular ao longo do tempo por meio de feedback recíproco.
Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão

Simon, 2019	Estudo Caso	As taxas de sobrepeso/obesidade e sono insuficiente/atrasado são altas entre os adolescentes e também são fatores de risco únicos para dificuldades de humor/comportamento. Este estudo teve como objetivo avaliar as relações entre sono/saúde circadiana e humor/comportamento em uma coorte de adolescentes com sobrepeso/obesidade.	Alunos do Secundário	Os participantes completaram uma semana de monitoramento do sono em casa (actigrafia), questionários avaliando o cronotipo (preferência diurna; Escala Matinal/Noturna para Crianças) e humor/comportamento (Questionário de Forças e Dificuldades), e tiveram amostragem de melatonina salivar em laboratório em uma quinta ou sexta-feira durante o ano letivo.	As regressões lineares revelaram que dormir mais tarde durante a semana e menor tempo na cama e duração do sono durante a semana foram associados a piores valores de humor/comportamento. A menor duração da secreção de melatonina e a maior “vespertinidade” também foram associadas a piores valores de humor/comportamento.	Sono curto e tardio, menor secreção de melatonina e cronotipo vespertino estão associados a piores sintomas de humor/comportamento em uma coorte de adolescentes com sobrepeso/obesidade. Os médicos devem avaliar os sintomas do sono e do humor/comportamento e mais pesquisas são necessárias para avaliar o impacto da melhora do sono no humor/comportamento em adolescentes com sobrepeso/obesidade.
Vitale, 2020	Revisão	Esta revisão resume os efeitos da privação e extensão do sono no desempenho atlético, incluindo tempo de reação, precisão, força e resistência e função cognitiva.	Atletas	Revisão Sistemática	extensão do sono pode afetar positivamente os tempos de reação, humor, tempos de sprint, precisão do serviço de tênis, voltas de natação, eficiência do golpe de chute e aumento do lance livre e precisão de 3 pontos. Banking sleep (extensão do sono antes da noite de privação de sono intencional antes do evento esportivo) é um novo conceito que também pode melhorar o desempenho. Para os provedores de medicina esportiva, os efeitos negativos da privação do sono não podem ser exagerados para os atletas.	Para combater a privação do sono, os atletas podem procurar suplementos com efeitos colaterais potencialmente graves; melhorar a qualidade do sono, no entanto, é simples e eficaz, beneficiando não apenas a saúde do atleta, mas também o desempenho atlético.
Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão

Kojima, 2020	Estudo Caso	O presente estudo investigou os efeitos de três dias consecutivos de treino de resistência sob condições de baixa disponibilidade de energia (LEA) no conteúdo de glicogênio muscular, marcadores de dano muscular, regulação endócrina e capacidade de resistência em corredores do sexo masculino.	Atletas do Sexo Masculino	<p>Sete corredores masculinos de longa distância ($19,9 \pm 1,1$ anos, $175,6 \pm 4,7$ cm, $61,4 \pm 5,3$ kg, consumo máximo de oxigênio [V_{O2max}]: $67,5 \pm 4,3$ mL·kg/min) completaram duas tentativas consistindo em três dias consecutivos de treino de resistência sob LEA ($18,9 \pm 1,9$ kcal/kg FFM/d) ou disponibilidade normal de energia (NEA) ($52,9 \pm 5,0$ kcal·kg FFM·d). A ordem das duas tentativas foi randomizada, com intervalo de 2 semanas entre as tentativas. O treino de resistência consistiu em 75 min de corrida em esteira a 70% do V_{O2max}.</p> <p>O conteúdo de glicogênio muscular, as variáveis de gases respiratórios e as variáveis de sangue e urina foram medidas pela manhã durante três dias consecutivos de treino (dias 1–3) e na manhã seguinte após o treino (dia 4). Como indicação da capacidade de resistência, o tempo até a exaustão em $19,0 \pm 0,8$ km·h para obter 90% do V_{O2max} foi avaliado no dia 4.</p>	<p>Durante o período de treino, peso corporal, massa livre de gordura e massa esquelética volume muscular foram significativamente reduzidos em LEA ($P = 0,02$ para peso corporal e volume do músculo esquelético, $P = 0,01$ para massa livre de gordura). Além disso, o conteúdo de glicogênio muscular foi significativamente reduzido em LEA ($\sim 30\%$, $P < 0,001$), com valores significativamente menores do que aqueles em NEA ($P < 0,001$).</p> <p>O tempo até a exaustão não foi significativamente diferente entre as duas tentativas (~ 20 min, $P = 0,39$).</p>	Três dias consecutivos de treino de resistência sob LEA diminuíram o conteúdo de glicogênio muscular com peso corporal reduzido. No entanto, a capacidade de resistência não foi significativamente prejudicada.
--------------	-------------	--	---------------------------	--	---	--

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
----------------	----------------	----------	---------	--------	-----------------------	-----------

Lane, 2020	Estudo Caso	Este estudo examinou a prevalência de baixa EA em atletas masculinos de resistência competitivos (não de elite), treinados recreacionalmente (CRT).	Atletas do Sexo Masculino	Os indivíduos foram 108 CRT ($38,6 \pm 13,8$ anos; $12,2 \pm 5,4$ h/semana de treino) atletas de resistência do sexo masculino (corredores, ciclistas, triatletas) que completaram uma pesquisa descritiva on-line via Qualtrics® e retornaram registros de dieta e exercícios de 3 dias . A EA foi calculada a partir de pesquisas retornadas e registros de treino. A taxa metabólica de repouso (RMR) e a massa corporal magra (LBM) foram estimadas a partir de dados de pesquisa auto-relatados.	Nesta amostra, 47,2% (n = 51) foram classificados como AR, 33,3% (n = 36) como RM e 19,4% (n = 21) como NR para baixo EA. Ciclistas tiveram menor EA ($26,9 \pm 17,4$ kcal/kg LBM, n = 45) do que corredores ($34,6 \pm 13,3$ kcal/kg LBM, n = 55, p = 0,016) e todas as outras categorias esportivas ($39,5 \pm 19,1$ kcal/kg LBM, n = 8, p = 0,037).	Os achados indicam que esta amostra apresentou alta prevalência de risco para IA baixa, em 47,2%. Apenas 19,4% dos participantes não corriam risco, o que significa que aproximadamente 80% dos participantes corriam algum grau de risco de sofrer EA baixa. Os ciclistas estavam em maior risco nesta coorte de baixa EA, embora o motivo pelo qual isso ocorreu não esteja claro e necessite de mais investigações. Pesquisas futuras devem abordar se os atuais pontos de corte femininos para baixa EA são apropriados para uso em populações masculinas.
Ishibashi, 2020	Estudo Caso	Este estudo teve como objetivo investigar o efeito da baixa disponibilidade de energia (LEA) durante três dias consecutivos de treino de resistência sobre o conteúdo de glicogênio muscular e o metabolismo do ferro.	Atletas de Resistência	Seis corredores masculinos de longa distância completaram três dias consecutivos de treino de resistência sob condições LEA ou disponibilidade de energia neutra (NEA). A disponibilidade de energia foi fixada em 20 kcal/kg de massa livre de gordura (FFM)/dia para LEA e 45 kcal/kg de MLG/dia para NEA. Os indivíduos correram por 75 min a 70% do consumo máximo de oxigênio (O_2max) nos dias 1–3. Amostras de sangue venoso foram coletadas após um jejum noturno nos dias 1–4, imediatamente e 3 horas após o exercício no dia 3. O conteúdo de glicogênio muscular nos dias 1–4 foi avaliado por espectroscopia de ressonância magnética de carbono.	Na condição LEA, o peso corporal e o conteúdo de glicogênio muscular nos dias 2–4, e a MLG nos dias 2 e 4 foram significativamente menores do que no dia 1 (p < 0,05 vs. dia 1), enquanto nenhuma mudança significativa foi observada ao longo do período de treino em condição NEA. No dia 3, o conteúdo de glicogênio muscular antes do exercício foi negativamente correlacionado com o nível sérico de ferro (imediatamente após o exercício, 3 horas após o exercício), o nível sérico de hepcidina imediatamente após o exercício e o nível plasmático de IL-6 imediatamente após o exercício (p < 0,05) . Além disso, o nível sérico de hepcidina no dia 4 foi significativamente maior na condição LEA do que na condição NEA (p < 0,05).	Como conclusão retira-se que três dias consecutivos de treino de resistência sob LEA reduziram o conteúdo de glicogênio muscular com aumento concomitante dos níveis séricos de hepcidina em homens de longa distância corredores.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Hutson, 2020	Revisão	Os objetivos desta revisão são avaliar os efeitos da baixa disponibilidade de energia na saúde óssea em atletas de resistência e explorar se uma intervenção de exercícios de alto impacto pode ajudar a prevenir esses efeitos de ocorrendo.	Atletas de Resistência	Revisão Sistemática	WBEA são frequentemente expostos a episódios de LEA em associação com as demandas de seu esporte. Em atletas do sexo feminino, incluindo WBEA, LEA é identificado como um fator causador de FHA que, por sua vez, está associado a saúde óssea prejudicada, incluindo DMO mais baixa, conteúdo mineral ósseo e DMO volumétrica trabecular, córtices mais finos e resistência óssea reduzida. Essas deficiências foram observadas em locais de suporte de carga, como o fêmur proximal e a tíbia, e podem aumentar o risco de lesão por estresse ósseo, bem como fratura osteoporótica.	A pesquisa que examina os efeitos de curto prazo do LEA em homens e mulheres ativos sugere que os mF15:G25 marcadores circulantes de formação óssea podem ser suprimidos e os marcadores circulantes de reabsorção óssea podem ser aumentados em cinco dias, com as mulheres possivelmente respondendo ao LEA com maior sensibilidade.
Logue, 2020	Revisão	Esta revisão narrativa fornece uma atualização de nossa revisão anterior sobre a prevalência e o risco de baixa EA, deficiência de energia diária e o impacto potencial da baixa EA no desempenho.	Atletas	Revisão Narrativa	O conhecimento do RED-S e suas possíveis implicações para o desempenho é baixo entre treinadores e atletas. O desenvolvimento de ferramentas de triagem específicas para esportes e gênero para identificar atletas adolescentes e seniores em diferentes esportes em risco de RED-S é garantido. Iniciativas de educação são necessárias para aumentar a conscientização entre treinadores e atletas sobre a importância de estratégias dietéticas adequadas para garantir que calorias suficientes sejam consumidas para apoiar o treino.	Este artigo fornece uma síntese da pesquisa realizada sobre RED-S desde nossa revisão publicada anteriormente [7]. Isso é importante devido ao número de estudos realizados no período. A detecção de baixa EA por meio da identificação de sintomas fisiológicos e medição de biomarcadores associados à condição substituiu o uso de registros dietéticos e de exercícios pesados e monitores de frequência cardíaca ou acelerômetros.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Meng, 2020	Estudo Caso	Este estudo avaliou a prevalência relativa de LEA em atletas femininas de elite (ELA) e recreativas (REA) em desportos estéticos na China.	Atletas do Sexo Feminino	Foram recrutadas atletas femininas de 6 desportos (trampolim, ginástica rítmica, aeróbica, esporte de dança, torcida e dança), incluindo ELA (n = 52; idade = 20 ± 3) em seleções chinesas e REA (n = 114; Idade = 20 ± 2) da Beijing Sport University. Os participantes preencheram 2 questionários online para avaliar o risco de LEA e transtorno alimentar. Estes incluíram o Questionário de Baixa Disponibilidade de Energia em Mulheres (LEAF-Q), que forneceu informações sobre histórico de lesões, função gastrointestinal e histórico menstrual, e o Formulário de Referência de Inventário de Distúrbios Alimentares-3 (EDI-3 RF).	Um total de 41,6% dos participantes (n = 69) apresentaram risco aumentado de AEL, e 57,2% dos participantes (n = 95) foram classificados como de alto risco para transtorno alimentar. Para ELA vs. REA, houve uma prevalência significativamente maior de risco de LEA (55,8% vs. 35,1%; p = 0,012) e amenorreia (53,8% vs. 13,3%; p < 0,001). Atletas de elite com maior risco de LEA tiveram estradiol significativamente menor (p = 0,021) e DMO de corpo inteiro (p = 0,028). As correlações de Pearson indicaram que a DMO de corpo inteiro (r = 0,667, p = 0,009) correlacionou-se negativamente com o valor LEAF-Q.	Os resultados deste estudo indicam que existe um risco de LEA em atletas chinesas do sexo feminino em desportos estéticos, e uma prevalência significativamente maior de aumento do risco de LEA observado em ELA do que em REA. Os treinadores chineses e a equipe de medicina esportiva que trabalham com atletas femininas de elite em desportos estéticos devem desenvolver estratégias para reduzir a prevalência de LEA.
Lok, 2020	Estudo Caso	O objetivo deste estudo foi determinar se atletas olímpicos são afetados por flutuações circadianas no desempenho físico, analisando dados olímpicos de natação dos Jogos de Atenas (2004), Pequim (2008), Londres (2012) e Rio de Janeiro (2016).	Nadadores Olímpicos	Neste estudo, os tempos de natação olímpica (de 2004 a 2016) foram usados para determinar a hora do dia e os efeitos circadianos sob condições motivacionais máximas. Os dados dos atletas que chegaram às finais (N = 144, 72 mulheres) foram incluídos e normalizados em níveis individuais com base nos tempos médios de natação nos tipos de corrida (eliminatória, semifinal e final) por indivíduo para cada braçada, distância e competição olímpica local. Os tempos de natação normalizados foram analisados com um modelo linear misto e um modelo senoidal ajustado.	O desempenho da natação foi melhor durante as finais em comparação com as semifinais e eliminatórias. O desempenho foi fortemente afetado pela hora do dia, mostrando tempos de natação mais rápidos no final da tarde por volta das 17h12, indicando desempenho 0,32% melhor em relação às 08h00. Este estudo revela efeitos claros da hora do dia no desempenho físico em atletas olímpicos. O efeito da hora do dia é grande e supera a diferença de tempo entre medalha de ouro e prata em 40%, medalha de prata e bronze em 64% e bronze ou nenhuma medalha em 61% das finais.	A análise atual revela que os atletas olímpicos sempre apresentam melhor desempenho nas finais em comparação com as semifinais e eliminatórias (provavelmente devido a diferenças motivacionais) e que o desempenho físico avaliado em atletas olímpicos foi significativamente afetado pela hora do dia. O horário do relógio interno também influencia o desempenho físico, fazendo com que os cronotipos precoces tenham melhor desempenho ao meio-dia, cronotipos intermediários ao meio-dia e cronotipos tardios à noite.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
McKay, 2020	Revisão	O objetivo desta revisão foi sintetizar as evidências atuais que examinam o impacto das manipulações dietéticas na resposta reguladora do ferro ao exercício.	Atletas	Revisão Sistemática	Parece que a disponibilidade de nutrientes pode afetar a resposta reguladora do ferro ao exercício. No que diz respeito à disponibilidade de CHO, a manipulação aguda do conteúdo de glicogênio muscular, que faz com que o atleta “treine baixo”, parece aumentar os níveis de hepcidina durante a recuperação do exercício.	Pesquisas futuras devem ser direcionadas para a compreensão dos efeitos do déficit energético (agudo e crônico) nas funções hematológicas, bem como sua interação com outros sistemas de saúde. estudos até o momento em atletas são limitados. Assim, pesquisas futuras devem ser direcionadas para a compreensão dos efeitos do déficit energético nas funções hematológicas, bem como sua interação com outros sistemas de saúde.
Moss, 2020	Estudo Caso	Este estudo teve como objetivo avaliar a disponibilidade de energia (DE), juntamente com possíveis fatores de risco de reduzida ou baixa DE de jogadoras profissionais de futebol feminino durante uma temporada competitiva.	Atletas do Sexo Masculino	Treze jogadores (idade: $23,7 \pm 3,4$ anos, estatura: $1,69 \pm 0,08$ m, massa corporal: $63,7 \pm 7,0$ kg) envolvidos em um período de monitoramento de 5 dias (dois dias de descanso, um treino leve, treino pesado e dia de jogo). Ingestão de energia (IE) e gasto durante o exercício (EEE) foram medidos. A EA foi calculada e categorizada como ótima, reduzida ou baixa (>45 , $30-45$, <30 kcal·kg MLG/dia, respetivamente).	A EA foi ótima para 15%, reduzida para 62% e baixa para 23% dos jogadores. Maior EA foi observada nos dias de descanso em comparação com os outros ($P < 0,05$). A EA foi maior para o dia de treino leve em comparação com o pesado ($P < 0,001$). EEE diferiu significativamente entre os dias ($P < 0,05$). A ingestão de EI (2124 ± 444 kcal), carboidrato ($3,31 \pm 0,64$ g·kg·dia) e proteína ($1,83 \pm 0,41$ g·kg·dia) permaneceu semelhante ($P > 0,05$). Os dados da pesquisa revelaram 23% de pontuação 8 no Questionário de Baixa Disponibilidade de Energia em Mulheres e atendeu aos critérios para baixo RMR (razão $< 0,90$).	A maioria dos jogadores apresentou EA reduzida e não alterou a IE ou a ingestão de carboidratos de acordo com as demandas de treino ou jogo. Embora casos de baixa EA tenham sido identificados, mais trabalhos são necessários para investigar possíveis efeitos a longo prazo e fatores de risco de baixa e reduzida EA separadamente para informar as recomendações do jogador.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Taguchi, 2020	Estudo Caso	Revelar o estado de energia de corredores japoneses do sexo masculino e examinar a associação entre deficiência energética e características fisiológicas, como metabolismo energético, saúde óssea e estado hormonal.	Atletas do Sexo Masculino	A ingestão energética (IE) foi avaliada por meio de registos alimentares de 3 dias com fotos de alimentos. O gasto energético do exercício (EEE) foi determinado pelo método FC-VO ₂ . A composição corporal e o estado ósseo foram medidos por absorciometria de raios X de dupla energia. A disponibilidade de energia (DE) foi calculada pela subtração de EEE de EI e normalizada pela massa livre de gordura (FFM). O balanço energético (EB) foi calculado EI menos o gasto energético total estimado (TEE).	A DE média dos indivíduos foi de $18,9 \pm 6,8$ kcal/kg MLG/dia, e observou-se EB negativa grave (variação: 1444 ~ 722 kcal/d). O REE de quatro corredores foi suprimido e, além disso, a reabsorção óssea foi promovida em todos os indivíduos.	Os dados em nosso estudo sugeriram que a deficiência de energia poderia promover a reabsorção óssea e a supressão do metabolismo energético em corredores de resistência masculinos japoneses.
Areta, Taylor, Koehler, 2020	Revisão	Fornecer uma visão geral crítica do conceito de disponibilidade energética e de todos os estudos experimentais que avaliam o efeito da manipulação da disponibilidade de energia em ambientes bem controlados, para aprofundar nossa compreensão dos pontos fortes e limitações do controlo, estudos LEA de curto prazo e sua aplicabilidade ao campo.	Humanos	Revisão Sistemática	Evidências mostram que as respostas de curto prazo à baixa disponibilidade energética modulam a homeostase energética através da leptina e tem um efeito modulador nos eixos neuroendócrinos, como os eixos hipófise-hipotálamo-tireoide, hipófise-hipotálamo-gonadal e GH-IGF-1, bem como como regulação negativa da síntese de proteínas musculares e do metabolismo ósseo. Acredita-se que essas respostas antecedem complicações clínicas que incluem, mas não estão limitadas a, comprometimento da função reprodutiva, fraturas por stress, perda de massa muscular e capacidade física prejudicada.	Embora o conceito de disponibilidade de energia tenha se desenvolvido por meio de observações em indivíduos altamente ativos (atletas), a atual epidemia de obesidade requer a incorporação de baixa disponibilidade de energia com exercícios concomitantes para atingir um peso corporal saudável em grande parte das populações industrializadas, minimizando seus efeitos negativos.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Stenqvist, 2021	Estudo Caso	Este estudo transversal teve como objetivo investigar a prevalência de marcadores substitutos RED-S em atletas olímpicos masculinos noruegueses.	Atletas Olímpicos	Este estudo transversal teve como objetivo investigar a prevalência de marcadores substitutos RED-S em atletas olímpicos masculinos noruegueses. Foram incluídos atletas (n = 44) com idade de 24,7 ± 3,8 anos, massa corporal de 81,3 ± 15,9 kg, gordura corporal de 13,7% ± 5,8% e volume de treino de 76,1 ± 22,9 horas/mês. Os parâmetros avaliados incluíram taxa metabólica de repouso (RMR), composição corporal e densidade mineral óssea por absorciometria de raios-X de dupla energia e variáveis do sangue venoso (testosterona, triiodotironina livre, cortisol e lipídios).	Sete atletas (16%) agrupados pela presença de baixo RMR (RMRratio < 0,90) (0,81 ± 0,07 vs. 1,04 ± 0,09, p < 0,001, tamanho do efeito 2,6), também apresentaram menor testosterona (12,9 ± 5,3 vs. 19,0 ± 5,3 nmol/L, p = 0,020) do que no grupo RMR normal. Em indivíduos com baixa RMRratio, a prevalência de outros marcadores RED-S (—subclínico—baixa testosterona, baixa triiodotironina livre, alto cortisol e elevada lipoproteína de baixa densidade) foi (N/número de marcadores): 2/0, 2/1, 2/2, 1/3. Baixa densidade mineral óssea (valor z <1) foi encontrada em 16% dos atletas, todos com RMR normal. Níveis subclínicos baixos de testosterona e triiodotironina livre foram encontrados em nove (25%) e dois (5%) atletas, respectivamente. O cortisol alto subclínico foi encontrado em 23% dos atletas, enquanto 34% tinham níveis elevados de colesterol de lipoproteína de baixa densidade. Sete dos 12 atletas com dois ou mais marcadores RED-S tiveram RMR normal.	Embora o LEA sustente o RED-S, é bem reconhecido que o EA é notoriamente difícil de avaliar e avaliar em atletas de vida livre (Areta et al., 2021; Burke et al., 2018; De Souza et al., 2019; Heikura et al., 2018 b). Como uma abordagem alternativa para identificar atletas em risco de RED-S, optamos por quantificar com precisão as variáveis, conhecidas por refletir adaptações ao estresse energético crônico, como RMR usando um capuz de dossel, DMO e composição corporal usando dupla energia X- absorciometria de raios, bem como amostragem de sangue, conforme descrito em estudos recentes
Ayala, 2021	Revisão	O objetivo desta revisão foi estudar a relação entre ritmos circadianos e desempenho físico, de acordo com os últimos dados publicados. Além disso, foram estudados os processos fisiológicos envolvidos na resposta física e as diferenças de acordo com o tipo de desporto e as características dos atletas.	Atletas	Revisão Sistemática	A temperatura corporal é um fator que apresenta um padrão circadiano com pico acentuado no final da tarde, horário em que o desempenho físico é mais elevado, ou seja, velocidade, agilidade, distância percorrida, potência de salto. A percepção de esforço também é maior no período da tarde. Em relação ao cronotipo, os noturnos parecem ser os mais afetados para a prática de desportos fora do horário ideal. A tendência mostra mais tipos matutinos à medida que a idade aumenta. As sessões de treino devem ser planejadas de acordo com o horário ideal do dia para cada atleta.	É fundamental levar em consideração o cronotipo individual. A dessincronização dos ritmos circadianos pode causar uma diminuição no desempenho físico. A tendência mostra mais tipos matutinos à medida que a idade aumenta. As sessões de treino devem ser planejadas de acordo com o horário ideal do dia para cada atleta. É fundamental levar em consideração o cronotipo individual. A dessincronização dos ritmos circadianos pode causar uma diminuição no desempenho físico.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Meng, 2021	Estudo Caso	O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da interrupção circadiana na composição corporal e resistência à insulina em mulheres de 31 a 40 anos.	Atletas do Sexo Feminino	rinta mulheres com distúrbio do ritmo circadiano e funcionárias do Foot Bath Club na cidade de Qufu foram selecionadas como sujeitos da pesquisa, e um analisador de composição corporal foi usado para testar a composição corporal dos sujeitos usando análise de impedância bioelétrica. Os níveis séricos de melatonina (MT) foram determinados por ensaio de imunoabsorção enzimática (ELISA), e os níveis de glicose e insulina no sangue foram detetados por ensaios de glicose oxidase e quimioluminescência, respectivamente.	Os resultados mostraram que o distúrbio do ritmo circadiano causou um aumento na pressão arterial, enquanto a água corporal, especialmente a água dos membros inferiores e o líquido intra e extracelular, diminuiu significativamente. A interrupção circadiana também resultou em diminuição da massa muscular, qualidade da proteína e produção de melatonina, mas aumentou os níveis de gordura visceral e resistência à insulina.	Este estudo demonstrou que os distúrbios do ritmo circadiano são responsáveis por alterações na composição corporal, níveis de melatonina e resistência à insulina em mulheres de 31 a 40 anos e podem ser um fator de risco para doenças cardiovasculares e diabetes.
Jurov, 2021	Estudo Caso	O objetivo desta pesquisa foi medir objetivamente a disponibilidade de energia (DE) em atletas de resistência masculinos saudáveis sem sinais pré-existentes de deficiência relativa de energia durante a temporada pré-competição.	Atletas do Sexo Masculino	Doze atletas de resistência treinados (níveis de desempenho 3, 4 e 5) participaram do estudo de laboratório controlado transversal. A massa livre de gordura, o gasto energético do exercício e a ingestão de energia foram medidos para calcular a EA. O gasto energético em repouso foi medido e estimado para avaliar a conservação de energia. Três testes específicos de desempenho foram usados para avaliar o desempenho de resistência, agilidade e força explosiva. Para avaliação psicológica, foram preenchidos o Questionário de Alimentação de Três Fatores e um questionário curto de bem-estar.	A EA média foi de 29,5 kcal/kg MLG/dia. A maioria (66,6%) tinha EA abaixo do limite para baixa EA no sexo feminino. A restrição cognitiva crítica foi relatada por 75% dos participantes. Não houve diferenças no desempenho, valores sanguíneos ou avaliação psicológica quando os indivíduos foram divididos em dois grupos divididos por EA = 30 kcal/kg de MLG/dia. A restrição cognitiva foi negativamente associada com o gasto energético medido em repouso e a conservação de energia ($r = 0.578$, $p = .025$ e $r = 0.549$, $p = .032$, respectivamente).	A EA média medida neste estudo apóia a teoria de que o limiar para baixa EA em atletas masculinos de resistência pode estar abaixo do limiar para mulheres. Além disso, confirmamos que a restrição cognitiva pode ser útil para a detecção precoce da conservação de energia. A alta restrição cognitiva medida em nossa amostra enfatizou a necessidade de triagem do comportamento alimentar em atletas de resistência, a fim de reduzir o risco de quaisquer padrões alimentares desordenados.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Dipla, 2021	Revisão	O objetivo desta revisão é apresentar uma perspectiva diferente da síndrome de deficiência energética relativa, para melhorar a compreensão das alterações endócrinas associadas e destacar a necessidade de mais pesquisas nesta área.	Indivíduos fisicamente ativos	Revisão Sistemática	Nesta revisão do RED-S, apresentamos uma visão geral das principais preocupações de saúde em relação a mulheres e homens envolvidos em treino de alto volume ou intensivo ou desportos sensíveis ao peso, bem como importantes pesquisas realizadas nesta área. Embora um grande número de mecanismos fisiológicos potencialmente explicando esse distúrbio tenha sido proposto e identificado, é necessário mais trabalho para obter um diagnóstico precoce e aplicar um tratamento eficaz às pessoas afetadas, a fim de evitar sérios problemas de saúde a curto e longo prazo.	Pesquisas futuras devem se concentrar nas alterações hormonais decorrentes de estados crônicos de LEA de longo prazo e os consequentes resultados de saúde (por exemplo, eventos cardiovasculares), enquanto também deve haver estudos que diferenciem as alterações hormonais durante o LEA em populações atléticas e aquelas que ocorrem em não atletas. As novas informações obtidas de tais estudos devem ser utilizadas para continuar a educação de atletas, treinadores esportivos e indivíduos fisicamente ativos no RED-S, o que incentivará uma abordagem mais abrangente para prevenção, detecção precoce e tratamento do distúrbio.
Pritchett, 2021	Estudo Caso	O objetivo deste estudo foi examinar os sintomas de baixa disponibilidade de energia (LEA) e risco de deficiência relativa de energia no desporto (RED-S) em para-atletas usando uma abordagem multiparâmetros.	Paraatletas	Para-atletas de nível nacional (n = 9 homens, n = 9 mulheres) completaram registos alimentares e de atividades de 7 dias para quantificar a disponibilidade de energia (EA), o questionário LEA em mulheres (LEAF-Q), dupla energia Exames de absorciometria de raios-X (DXA) para avaliar a densidade mineral óssea (DMO) e testes hormonais de sangue.	Com base nos cálculos da EA, nenhum atleta estava em risco de LEA (mulheres < 30 kcal·kg, MLG·dia; e homens < 25 kcal·kg MLG·dia; limites para capacidade Sujeitos encorpados (AB)). No geral, 78% das mulheres estavam “em risco” de LEA usando o LEAF-Q e 67% relataram uso de controle de natalidade, com três dessas participantes relatando disfunção menstrual. A DMO foi clinicamente baixa no quadril (<2 valor z) para 56% das mulheres e 25% dos atletas do sexo masculino.	Com base na EA calculada, o risco de RED-S parece ser baixo, mas hormonal os resultados sugerem que o risco de RED-S é alto nessa população de paraatletas. Essa discrepância considerável em várias ferramentas de avaliação de EA e RED-S sugere a necessidade de mais investigações para determinar a verdadeira prevalência de RED-S em populações de paraatletas.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Sim, 2021	Revisão	Este estudo teve como objetivo identificar sistematicamente e criticar questionários usados ou desenvolvidos para medir o risco LEA/RED-S em populações atléticas.	Atletas do Sexo Masculino	Revisão Sistemática	<p>Trinta e três artigos preencheram os critérios de inclusão e foram revisados, 13 questionários foram identificados. Oito questionários passaram por procedimentos de validação e três questionários continham questões relacionadas à EEE.</p> <p>Os questionários validados mais utilizados foram o Questionário de Baixa Energia em Mulheres (LEAF-Q) (48% artigos) e o Questionário de Exame de Distúrbios Alimentares (EDE-Q) (12% artigos). O LEAF-Q determina o risco de LEA de sintomas, mas não pode ser usado em homens, pois quase metade dos itens (n = 12) está relacionada à função menstrual. O EDE-Q serve como um marcador substituto do risco de LEA em ambos os sexos, pois mede um importante fator de risco de LEA, os distúrbios alimentares. Melhor validação é necessária para muitos questionários e mais são necessários para abordar o risco de LEA/RED-S em atletas do sexo masculino.</p>	Esses questionários podem ser eficazes na identificação de restrição energética intencional, mas menos valiosos na identificação de falha inadvertida em aumentar a ingestão de energia com aumento de EEE.
Skarakis, 2021	Revisão	O objetivo principal da presente revisão foi investigar sistematicamente o impacto do exercício extenuante crônico no estado de energia de atletas profissionais do sexo feminino em comparação com controles sedentários e recreacionalmente ativos no que diz respeito ao seu estado menstrual e densidade mineral óssea (BMD).	Atletas do Sexo Feminino	Revisão Sistemática	Quatro estudos foram incluídos nesta revisão sistemática. A tríade atleta feminina foi mais prevalente em atletas profissionais em comparação com não atletas. Os mesmos resultados foram obtidos tanto para LEA quanto para distúrbios menstruais. No entanto, a DMO e os valores Z mostraram alta heterogeneidade entre os estudos.	Tanto as atletas quanto as não-atletas são propensas a LEA e subsequentes distúrbios menstruais e baixa DMO ou osteoporose. Estudos futuros são necessários para examinar a disponibilidade de energia em atletas femininas de elite, bem como em não atletas.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Ihalainen, 2021	Estudo Caso	Determinar a composição corporal, disponibilidade de energia, carga de treino e estado menstrual em jovens atletas de corrida de resistência de elite (ATH) ao longo de 1 ano e, em uma análise secundária, investigar como esses fatores diferem entre controlos não-correntes (CON) e amenorréicos (AME) e eumenorréica (EUM) ATH. As correlações com lesões, doenças e desempenho também foram examinadas.	Atletas do Sexo Feminino	Questionário de Baixa Disponibilidade Energética em Mulheres. Avaliações antropométricas. Registos de atividade física, ciclo menstrual, doenças e lesões foram mantidos por todos os participantes. O desempenho foi definido usando os pontos mais altos da Associação Internacional de Federações de Atletismo antes e depois do estudo.	Embora nenhuma diferença em EI ou EA tenha sido observada, as corredoras de elite do sexo feminino apresentaram menor massa corporal e massa gorda do que as não atléticas CON. Em contraste com CON, uma alta proporção de corredores era AME.	É importante reconhecer que mesmo que a baixa massa corporal, a baixa massa relativa de gordura e o baixo IMC possam ser vantajosos em desportos sensíveis ao peso, nem sempre é esse o caso. A amenorréia deve ser considerada como um sinal de alerta para desempenho reduzido. O EUM ATH teve menores taxas de lesões e executou maiores volumes de corrida do que os corredores AME. Além disso, tanto a massa corporal quanto a de gordura aumentaram no ATH amenorreico, possivelmente devido à redução dos volumes de treino causados por lesões.
Goldstein, 2021	Revisão	O objetivo desta investigação exploratória é avaliar a associação de questões de comportamento alimentar incluídas no EPI eletrônico (ePPE) com medidas de aumento de risco para a Triade quantificada pelo Triad-CRA em uma população de atletas universitários.	Atletas Universitários	Revisão Sistemática	A percentagem de entrevistados que asseguraram um histórico de preocupações nutricionais ou com a imagem corporal chegou a 45,5%; 5,8% afirmaram ter e/ou já ter sofrido algum transtorno alimentar. Daqueles que foram designados na categoria de risco moderado ou alto, 13,5% apresentaram uma história passada ou atual de um transtorno alimentar. Comparado com atletas classificados como de baixo risco usando o Triade-CRA, sem perguntas de triagem no ePPE foram associados com risco elevado para ser classificado como Triade de risco moderado/alto.	EPI é importante para orientar a participação segura em desportos para atletas. Identificar atletas com risco de baixa IA e alimentação desordenada é uma função importante do PPE. Nossos resultados sugerem que as questões de triagem nutricional no ePPE não identificam atletas com risco aumentado para a Triade.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Roberto, 2021	Estudo Descritivo Transversal	O objetivo deste estudo foi identificar a prevalência de ED, DE e LEA em atletas do sexo feminino do Reino Unido e investigar se existem associações entre idade, nível de competição e desporto principal.	Atletas do Sexo Feminino	Ferramenta de Triagem de Atletas Feminina (FAST) e o Questionário de Disponibilidade de Baixa Energia em Mulheres (LEAF-Q)	FAST indica que 16% e 44% das atletas do sexo feminino estavam em risco de DEs, respectivamente, LEAF-Q indica que 53% das atletas do sexo feminino foram consideradas em risco de LEA e uma correlação positiva moderada entre os pontos FAST & LEAF-Q indica uma relação entre DE/ED e LEA.	No geral, 16% das atletas do sexo feminino estavam em risco de disfunção erétil, 44% tinham probabilidade de ter DE e 53% tinham LEA. No entanto, o risco de DE, ED e LEA foi evidente em todos os subgrupos e destaca a necessidade de triagem regular para auxiliar intervenções precoces para evitar possíveis decréscimos no desempenho e na saúde. Além disso, estratégias de educação nutricional podem precisar ser consideradas para informar atletas do sexo feminino e (quando apropriado) profissionais interdisciplinares sobre os potenciais efeitos negativos de ED, DE e LEA no desempenho e na saúde.
Rogers, 2021	Estudo Caso	Este estudo explorou a capacidade do LEAF-Q para detectar condições relacionadas à baixa disponibilidade de energia (LEA) em uma coorte de desportos mistos de atletas do sexo feminino.	Atletas do Sexo Feminino	LEAF-Q, Questionário SCOFF para distúrbios alimentares, composição corporal derivada de absorciometria de raios-X de dupla energia e densidade mineral óssea, Mini International Neuropsychiatric Interview, pressão arterial e hormonas metabólicas e reprodutivos sanguíneos.	Dada a falta de especificidade, o foco deve ser dado ao histórico de lesões e pontuações da subescala MD para auxiliar na identificação de atletas que necessitam de testes diagnósticos de acompanhamento. A avaliação da função menstrual usando o LEAF-Q pode levar à identificação de DM que não está diretamente ligada à LEA. O LEAF-Q pode ser administrado em populações diferentes daquelas para as quais foi validado com interpretação apropriada dos pontos de variáveis individuais, fornecendo informações úteis sobre a saúde geral da atleta feminina, em vez do risco da tríade isoladamente.	O LEAF-Q pode ser usado para determinar mulheres com baixo risco de condições relacionadas à LEA, dados os altos valores preditivos negativos identificados neste estudo. As pontuações da subescala identificaram a presença de deficiências ósseas e menstruais nesta amostra poliesportiva. A pontuação geral geralmente não foi capaz de classificar os atletas como “alto risco” devido à baixa especificidade e, como tal, é necessário cautela na interpretação desses resultados além de “risco não baixo” para evitar efeitos negativos de rotulagem.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Prus, 2022	Estudo Transversal	Este estudo transversal teve como objetivo identificar uma possível associação entre vários fatores da dança, antropometria/corpo e disponibilidade de energia com a ocorrência de lesões em bailarinos contemporâneos.	Bailarinos Contemporâneos	As variáveis independentes incluíram idade, fatores de dança (quantidade de treino e competições por semana – tempo de exposição, experiência em dança), antropometria/composição corporal (altura corporal, massa, IMC, percentual de gordura corporal (GC%) e massa livre de gordura (FFM)) e pontuação de disponibilidade de energia (EAS; avaliada por medição baseada em acelerômetro de gasto de energia e questionários de disponibilidade de energia de dança). As variáveis dependentes foram a ocorrência de (i) lesões de partes moles e (ii) lesões ósseas. As medições foram obtidas por técnicos experientes durante o período pré-competição para cada modalidade específica de dança.	Os resultados mostraram que EAS (OR = 0,81, IC 95%: 0,65–0,91), idade (OR = 1,65, IC 95% : 1,1–2,46), %G maior (OR = 1,23, IC 95%: 1,04– 1,46) e IMC (OR = 1,61, IC 95%: 1,05–2,47) foram correlacionados com lesões de partes moles. Dançarinos que sofreram lesões ósseas relataram maior tempo de exposição (OR = 1,21, IC 95%: 1,05–1,37) e apresentaram menores valores de MLG (OR = 0,73, IC 95%: 0,56–0,98). A análise de regressão multivariada evidenciou maior probabilidade de lesões de partes moles em bailarinos mais velhos (OR = 1,75, IC 95%: 1,21–2,95) e nos que apresentaram EAS mais baixo (OR = 0,84, IC 95%: 0,71–0,95), enquanto os o tempo de exposição foi associado a uma maior probabilidade de lesões ósseas (OR = 1,21, IC 95%: 1,05–1,39).	A fim de diminuir a prevalência de lesões entre bailarinos, atenção especial deve ser dada à manutenção de uma nutrição adequada que forneça energia disponível ideal para as demandas de treino e performance. Além disso, o controle do volume de treino deve ser considerado a fim de reduzir as lesões ósseas traumáticas.
Dasa, 2022	Estudo Caso	O objetivo do estudo foi avaliar a precisão dos dispositivos de rastreamento baseados em GPS/ acelerômetro comumente usados na estimativa do gasto energético do exercício (EEE) durante exercícios intermitentes de alta intensidade.	Atletas do Sexo Feminino	Os participantes completaram um protocolo de teste de visita única em superfície de grama artificial instrumentado com um analisador portátil de O ₂ e três dispositivos de rastreamento diferentes. Um percurso pré-determinado que consiste em caminhada, trote, corrida/passada rápida e corrida foi projetado para modelar os requisitos físicos no futebol feminino.	Todos os três dispositivos subestimaram significativamente o consumo total de energia, em comparação com a medida de critério (p = 0,022, p = 0,002, p = 0,017; ICC absoluto = 0,39, 0,24 e 0,30, respectivamente) e mostraram um padrão sistemático com subestimação crescente para maior consumo de energia.	Os dispositivos de rastreamento baseados em GPS e acelerômetro testados geralmente subestimam o gasto calórico durante o exercício intermitente em jogadoras profissionais de futebol feminino. Isso ocorre principalmente porque esses dispositivos não podem contabilizar a produção de energia anaeróbica observada durante o exercício de alta intensidade.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Jonvik, 2022	Revisão	Esta revisão narrativa descreve défices e complexidades ao avaliar RED-S e LEA em atletas paraenses, apresentando as informações que têm e fornece sugestões para progresso futuro nesta importante área da nutrição desportiva.	Atletas Paraolímpicos	Revisão Narrativa	Sugeriu-se que os atletas paralímpicos correm maior risco de LEA e RED-S em comparação com seus colegas sem deficiência, mas é difícil determinar se os decréscimos de desempenho em atletas paralímpicos são devidos ao RED-S ou à deficiência do atleta.	Pesquisas são necessárias para desenvolver ferramentas, medidas de avaliação e faixas de referência comumente usadas em atletas sem deficiência que sejam apropriadas para a população paraense. O trabalho futuro deve se concentrar na incorporação de profissionais qualificados de nutrição, medicina e exercícios.
Ammy, 2022	Estudo Caso	Caracterizar as práticas de avaliação e gestão utilizadas pelos Nutricionistas Desportivos na avaliação e gestão de atletas em risco de baixa disponibilidade energética (LEA).	Nutricionistas	Questionário online usando o Qualtrics Experience Management (Qualtrics XM) Software de pesquisa (Qualtrics, Drive Provo, UT, EUA)	De modo geral, as 3 principais prioridades relacionadas à nutrição para os entrevistados foram estratégias de nutrição para apoiar o treino, a competição e a recuperação, enquanto 'LEA' ficou em quinto lugar. 'Ingestão dietética', 'função menstrual' e 'carga de treino (km/semana)' foram os principais métodos usados para avaliar o LEA e os entrevistados estavam 'confiantes' na sua capacidade de identificar corretamente atletas em risco. Entre o pessoal de apoio, os treinadores raramente eram uma fonte de referência para o manejo da LEA, mas apresentavam dificuldades de comunicação frequentes.	Nutricionistas desportivos parecem reconhecer e priorizar o gerenciamento de LEA em atletas, mas as avaliações são limitadas à ingestão alimentar e carga de treino (km/semana); faltando abordagens colaborativas para o gerenciamento de LEA. O nutricionista desportivo pode ter excesso de confiança em sua capacidade de identificar a LEA, pois apenas um número limitado de métodos de avaliação é comumente usado. O acesso a métodos de avaliação confiáveis e abordagens de gerenciamento colaborativo são necessários para melhorar o atendimento ao atleta quando há suspeita de LEA.
Heikura, 2022	Revisão	Esta revisão visa destacar os desafios metodológicos relacionados à avaliação dos componentes da equação EA no campo (por exemplo, desafios com medidas de EI e EEE).	Atletas do Sexo Feminino	Revisão Sistemática	Devido à incerteza desses parâmetros, propomos o uso de marcadores “objetivos” mais crônicos de LEA (ou seja, marcadores sanguíneos). No entanto, observamos que as extrapolações diretas de resultados baseados em laboratório para o campo provavelmente serão problemáticas devido à validade ecológica potencialmente ruim e à extrema variabilidade no EI e EEE diários da maioria dos atletas.	Estudos futuros devem ter como objetivo avaliar e definir de forma mais sistemática os melhores marcadores de LEA para detectar sinais precoces de LEA e, assim, evitar prejuízos de longo prazo para a saúde e o desempenho da atleta feminina.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Jagim, 2022	Revisão	O foco da revisão narrativa atual é discutir os principais fatores contribuintes, bem como os fatores de risco conhecidos para baixa disponibilidade de energia entre atletas do sexo feminino, para ajudar os praticantes a aumentar a conscientização sobre o assunto e identificar futuras áreas de foco.	Atletas	Revisão Sistemática	Embora a estratégia óbvia para corrigir o LEA seja focar no aumento da ingestão de energia ou na redução do gasto energético da atividade, conforme discutido na revisão atual, questões subjacentes, como tendências alimentares desordenadas ou preocupações com a imagem corporal, podem contribuir para o problema do LEA e, portanto, merece atenção. Como tal, as intervenções educacionais precoces provavelmente serão fundamentais para ajudar a melhorar quaisquer tendências comportamentais (por exemplo, restrição de energia, dependência de exercícios, etc.) que predisõem os atletas à LEA.	Em conclusão, há áreas que precisam de mais pesquisas para abordar LEA e RED-s em atletas do sexo feminino. A causa subjacente da LEA é provavelmente multifatorial, já que vários dos fatores de risco potenciais foram discutidos na revisão atual. Reconhecer os sinais de transtornos alimentares e transtornos alimentares clínicos é imperativo para a identificação daqueles em risco de RED-s. No entanto, vale a pena notar que, mesmo na ausência de LEA, a ingestão inadequada de energia ou um desalinhamento dos hábitos alimentares com as recomendações nutricionais específicas do esporte também podem resultar em decréscimos no desempenho ou na saúde.
Shirley, 2022	Revisão	Os objetivos desta revisão são: (1) descrever os princípios fundamentais da teoria da história de vida; (2) considerar compensações que podem ocorrer em atletas com baixa disponibilidade de energia no contexto de quatro grandes áreas biológicas: reprodução, manutenção somática, crescimento e imunidade; e (3) usar essa perspectiva evolutiva para considerar direções potenciais para pesquisas futuras.	Atletas	Revisão Sistemática	Embora haja pouca dúvida de que a exposição prolongada a muito LEA (por exemplo, ao longo de meses ou anos) pode resultar em efeitos adversos na saúde, a teoria da história de vida não consideraria as compensações energéticas e seus efeitos sempre patológicos per se. Como tal, os atletas e sua equipe de apoio não devem se preocupar excessivamente com breves períodos de LEA (por exemplo, como pode ocorrer durante dias ou semanas de treino ou competição intensificada) em atletas saudáveis, mas devem prestar atenção aos sinais de alerta do corpo fornece (por exemplo, alterações no ciclo menstrual) e adapta estratégias de treino e nutrição conforme necessário.	a teoria da história de vida sustenta que a energia finita deve ser distribuída competitivamente entre os processos concorrentes e que essa competição será intensificada quando a energia disponível for baixa.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Silva, 2022	Estudo Caso	Este estudo foi desenhado para examinar o impacto de alguns destes marcadores genéticos numa amostra de jogadores de hóquei em patins de elite, nomeadamente constituída por atletas que competem no campeonato nacional português (uma das ligas mais competitivas do mundo, sendo a seleção nacional a atual campeã mundial), e testar qualquer evidência de associação com o desempenho atlético.	Jogadores de Hóquei em Patins	Um total de 116 dos melhores jogadores de hóquei em patins do mundo ($28,2 \pm 8,7$ anos; mais de 50% cumulativamente das quatro melhores seleções mundiais e das cinco melhores seleções portuguesas), que participaram ao nível de elite no Pista Nacional - Campeonato de Hóquei em Portugal, foram avaliados indicadores/medidas antropométricas, condições de treino, experiência desportiva e histórico de lesões desportivas. Sete polimorfismos genéticos foram analisados.	Os jogadores de hóquei em patins demonstraram características significativamente diferentes consoante o sexo, nomeadamente antropométricas, hábitos de treino, lesões desportivas e variantes genéticas, como o <i>Receptor da Vitamina D (VDR)</i> rs731236 ($p < 0,05$). O alelo de <i>ácido graxo amida hidrolase (FAAH)</i> rs324420 A foi significativamente associado com melhor desempenho atlético (AA/AC vs. CC, OR = 2,80; 95% CI, 1,23–6,35; $p = 0,014$; $p = 0,008$ após Bootstrap) e confirmado como um preditor independente entre os jogadores de hóquei em patins de elite (OR ajustado = 2,88; 95% CI, 1,06–7,80; $p = 0,038$).	Jogadores de hóquei em patins de elite portadores do alelo FAAH rs324420 A tinham três vezes mais chances de serem superatletas de alto desempenho, o que pode ser atribuído a uma maior tolerância à dor e melhor enfrentamento do estresse. Isso também é de extrema importância para os treinadores, que podem planejar e adaptar individualmente o treino técnico e tático e a competição do atleta, tendo em mente a capacidade específica do atleta de tomar decisões e suportar a dor.
Estanislau, 2022	Revisão	Nesta revisão, abordaram como os padrões alimentares interferem nos ritmos circadianos, principalmente no que diz respeito à alimentação com restrição de tempo, desde a regulação metabólica dos genes envolvidos até sua contribuição para o processo inflamatório	Atletas	Revisão Sistemática	A alimentação organizada com hora certa para começar e terminar durante o dia, promove um ritmo biológico interno, favorecendo a sincronização molecular dos genes do relógio, que impõem um efeito no metabolismo e nas células imunológicas, criando uma resposta fisiológica relacionada a um perfil saudável. Uma estratégia que deve ser adotada para favorecer a sincronização molecular é a alimentação com restrição de tempo (TRE), que podem organizar o início e o fim dos padrões alimentares durante o dia.	Em conclusão, o TRE pode ser adotado como uma estratégia ao longo da vida para imprimir genes relacionados a um perfil saudável, prevenir doenças metabólicas e manter a composição corporal. Estudos experimentais precisam entender o mecanismo envolvido com o impacto do TRE.

Autores / Data	Tipo de estudo	Objetivo	Amostra	Método	Resultados Principais	Conclusão
Niall, 2022	Revisão	Discutir novos programas de treino específicos individualizados do “cronotipo do sono” ou estratégias de competição que identificam janelas de desempenho natural nos ritmos circadianos podem ser uma maneira de maximizar o desempenho dos atletas.	Atletas	Revisão Sistemática	Tratamentos médicos adicionais, como melatonina exógena e terapia com luz artificial, mostraram resultados iniciais promissores em estudos de pequena escala e podem ser auxiliares úteis para auxiliar a ressincronização circadiana. A contribuição dos nutricionistas da equipe também pode ser útil no combate à dessincronização circadiana, com refeições de carboidratos de alto índice glicêmico tomadas 4 h antes de dormir para aumentar a síntese de melatonina e reduzir a latência do início do sono. A ingestão oportuna de cafeína também se mostra promissora como um complemento para a ressincronização circadiana.	Os ritmos circadianos oferecem aos atletas uma maneira nova e holística de otimizar seu desempenho e podem ser uma nova fronteira na maneira como treinam, competem e se recuperam da competição. Há boas evidências de um efeito do ritmo circadiano subjacente nos elementos do desempenho atlético, como capacidade aeróbica, e um potencial impacto negativo nos desportos coletivos, onde os tempos de jogo não são otimizados para permitir que as equipes redefinam seus ritmos circadianos subjacentes.