



RECOMENDAÇÕES EM NUTRIÇÃO ESPORTIVA PARA JOGADORAS DE FUTEBOL DE ELITE

(Publicado: agosto de 2023/ Autores: **Ida A Heikura, PhD, Abby McIntyre, BSc, Emily A. Kraus, MD**/ Tópicos: Nutrição Esportiva, Composição Corporal, Saúde do Atleta)

Ida A Heikura, PhD | Instituto Canadense do Esporte - Pacific, Victoria, British Columbia, Canadá | Ciências do Exercício, Educação Física & em Saúde, Universidade de Victoria, British Columbia, Canadá

Abby McIntyre, BSc | Programa de Ciências das Atletas do Sexo Feminino e Pesquisa Translacional (FASTR), Departamento de Cirurgia Ortopédica, Universidade Stanford, CA, EUA

Emily A. Kraus, MD | Programa de Ciências das Atletas do Sexo Feminino e Pesquisa Translacional (FASTR), Departamento de Cirurgia Ortopédica, Universidade Stanford, CA, EUA

- Atletas do sexo feminino estão em risco para a baixa disponibilidade de energia (BDE), o que a longo-prazo prejudica a saúde e a função óssea, com um risco até quatro vezes maior para fraturas ósseas por estresse.
- Atletas mais jovens são especialmente vulneráveis, já que 90% do ápice do desenvolvimento da massa óssea é completo até a idade de 18 anos, e a susceptibilidade do sistema endócrino aos efeitos da BDE é maior durante os anos iniciais do auge da formação óssea.
- A disponibilidade de carboidratos pode ter um papel independente da BDE.
- As alterações no tecido ósseo ocorrem de maneira lenta, fazendo com que sua detecção precoce seja desafiadora, assim como a reversão dessas alterações.
- A prevenção primária da BDE (educação e garantia de uma nutrição ideal para o suporte da saúde óssea) deve ser enfatizada.
- Quando a má saúde óssea é detectada, como em casos de baixa densidade mineral óssea ou fratura óssea por estresse, as melhores práticas envolvendo a prevenção secundária (triagem precoce e detecção de comprometimento da saúde óssea) e terciária (tratamento da saúde óssea precária, preferencialmente por meio de intervenções não-farmacológicas) são importantes para o estado ótimo de saúde a longo prazo e para o suporte à performance da atleta.

INTRODUÇÃO

Em 2017, Bobby Clay, então com 20 anos de idade, uma talentosa corredora de longa distância do Reino Unido, compartilhou suas lutas pessoais com problemas de saúde óssea em diversas plataformas online (Clay, 2017). Aos 18 anos, Clay recebeu o diagnóstico devastador de osteoporose, que pode acabar com uma carreira. Quando ela percebeu os primeiros sintomas de danos, resultado de anos de treino excessivo não-intencional e sem o suprimento adequado de energia, já era tarde demais. A história é devastadora e infelizmente muito comum entre atletas do sexo feminino. O fenômeno caracterizando a baixa disponibilidade de energia (BDE), disfunção menstrual e saúde óssea precária, foi identificado como a Tríade da Mulher Atleta mais de três décadas atrás (Yeager et al., 1993). Recentemente, o conceito de Deficiência Relativa de Energia no Esporte (RED-S) foi introduzido para reconhecer a complexidade e amplitude da BDE (Mountjoy et al., 2014).

Fraturas ósseas por estresse (FOE) são uma das consequências mais traiçoeiras e desafiadoras da RED-S em atletas do sexo feminino. Isso acontece frequentemente porque não é até que a fratura (FOE) seja diagnosticada, que a BDE subjacente, com frequência prolongada e/ou severa, é descoberta. As FOEs são as lesões mais comuns em atletas, e duas à quatro vezes mais comuns entre as mulheres em comparação com homens, com taxas de prevalência tão altas quanto 20% (Popp et al., 2022) dependendo do tipo do esporte. Uma única FOE pode afastar um atleta dos esportes por aproximadamente 4 semanas (Hoenig et al., 2023) a seis meses (Popp et al., 2022), possivelmente impactando competições e resultados de performance (Raysmith & Drew, 2016). Além disso, os efeitos se estendem além dos resultados de performance para aspectos psicológicos e sociais da vida (Gillbanks et al., 2022b).

Já que as FOEs são normalmente precedidas por reduções na densidade mineral óssea (DMO) (Holtzman et al., 2022), e já que qualquer alteração

significativa (positiva ou negativa) nas características estruturais do tecido ósseo pode demorar meses, ou anos para ocorrer, danos na saúde óssea podem ser incrivelmente difíceis de prevenir, tratar e reverter. Pelo menos 90% do ápice da massa óssea é atingido até a idade de 18 anos (Bailey et al., 1999) e, portanto, quaisquer desafios nutricionais, ou referentes ao estilo de vida, nos anos precedendo essa idade têm o potencial de trazer riscos à saúde óssea e, a longo prazo, à saúde em geral e à performance. As consequências futuras de uma saúde óssea precária são óbvias e severas, no pior dos casos um risco de desenvolvimento da osteoporose precoce e implicações em estágios de vida futuros (Hosmer et al., 2002). Portanto, medidas de prevenção e ações proativas para auxiliar a saúde óssea ideal ao longo da vida de uma atleta são importantes para a saúde, bem-estar e performance esportiva da atleta, em geral.

Este artigo do Sports Science Exchange (SSE) vai explorar os desafios nutricionais e as oportunidades cruciais para auxiliar a saúde óssea ideal em atletas do sexo feminino, seguidos por um plano de ação em etapas para prevenir a saúde óssea precária. Neste artigo, a saúde óssea precária é definida por uma baixa DMO (idade e escore Z específico ao sexo < -1,0 medido via absorciometria bifotônica por raios-X) e/ou presença de FOE. A FOE varia de reações ao estresse a fraturas completas por estresse (Popp et al., 2022). Este SSE vai coloquialmente utilizar a palavra FOE para se referir a qualquer lesão óssea relacionada ao estresse, independentemente da severidade. Enquanto se reconhece que FOEs são multifatoriais e a etiologia pode incluir diversos fatores de risco não-nutricionais (volume e tipo de treino, incluindo cargas com impacto, versus sem impacto, estresse psicológico e bem-estar, e fatores do estilo de vida, como fumar), este SSE irá principalmente focar nos aspectos nutricionais. O objetivo deste artigo é fornecer uma orientação prática para as atletas do sexo feminino e, também, aos treinadores, pais, e equipe auxiliar de profissionais da saúde e suporte à performance em direção a uma saúde e função ósseas ideais durante suas vidas.

DESAFIOS NUTRICIONAIS E OPORTUNIDADES PARA A SAÚDE ÓSSEA IDEAL EM ATLETAS DO SEXO FEMININO

O osso é um tecido altamente dinâmico que passa por renovação em uma taxa de 5 (osso cortical) a 20% por ano (osso trabecular) (Fernandez-Tresguerres-Hernandez-Gil et al., 2006). Isso representa uma oportunidade contínua, mas também um desafio, para atletas mulheres tomarem decisões diárias para auxiliar a saúde óssea ideal ao longo da vida. Tanto a nutrição quanto a atividade física têm papéis fundamentais neste processo. Mais especificamente, a falta de nutrientes para construir novos tecidos ósseos, assim como uma carga externa inadequada (tal como a atividade física de alto impacto) irão posteriormente resultar em uma saúde óssea ruim. As seções seguintes irão discutir as principais deficiências nutricionais relacionadas ao desenvolvimento da saúde óssea precária (desafios), seguidas por orientações práticas com estratégias nutricionais para atenuar estes resultados (oportunidades).

DISPONIBILIDADE DE ENERGIA

Desafio: A BDE preocupante é o culpado nutricional mais importante por trás da saúde e da função óssea prejudicadas em atletas do sexo feminino. Os efeitos resultantes da BDE são bem conhecidos e severos, culminando em um conjunto de danos conhecido como RED-S (Mountjoy et al., 2023). Em termos de saúde óssea, uma baixa DMO e o posterior desenvolvimento de FOEs que levam ao comprometimento da disponibilidade da atleta são considerações importantes.

Em mulheres, diversas vias endócrinas (reprodutiva, metabólica, e especificamente dos hormônios da tireoide) e marcadores de remodelação óssea parecem ser afetados apenas após 4-5 dias da Disponibilidade de Energia (DE) < 30 kcal/kg de massa livre de gordura (MLG)/dia (Ihle & Loucks, 2004; Loucks & Thuma, 2003; Papageorgiou et al., 2018). Reduções nos padrões de secreção do eixo hipotalâmico-pituitário-gonadal (em particular, a pulsatilidade do hormônio luteinizante, e pulsatilidade do hormônio liberador de gonadotrofinas) resultam em menores concentrações de estradiol (Gordon et al., 2017). Com o tempo, isso reduz a função menstrual (Gordon et al., 2017) e o metabolismo ósseo (Lewis et al., 2021), resultando em última instância em uma saúde óssea estrutural e funcional precárias. A Amenorreia Hipotalâmica é um tipo de amenorreia secundária, contribuindo para reduções da massa óssea (Cabre et al., 2022), amenorreias podem ser divididas em primária e secundária. A amenorreia primária é definida pela falta do ciclo menstrual em mulheres com até 15 anos de idade que desenvolveram características sexuais secundárias, ou com 14 anos de idade quando características sexuais secundárias não estão presentes, enquanto a amenorreia secundária é a ausência de 3, ou mais, ciclos menstruais consecutivos em mulheres com histórico normal de menstruação (Cabre et al., 2022). A falta da menstruação é com frequência o primeiro sinal visível da BDE em atletas do sexo feminino e desta forma utilizada frequentemente como indicador para a BDE em estudos observacionais.

Diversos estudos utilizando marcadores que representam a BDE de longo prazo associaram consistentemente a disfunção menstrual (variando da oligomenorreia a amenorreia, Williams et al., 2015) com a prevalência e riscos 2 a 4 vezes maiores de FOEs relacionadas à carreira e fraturas ósseas duradouras (Ackerman et al., 2015; Heikura et al., 2018), em comparação com atletas mulheres com ciclos normais. As atletas com disfunção menstrual apresentam frequentemente uma baixa DMO, e a microarquitetura óssea e a estimativa de força óssea prejudicadas

(Ackerman et al., 2011). De maneira significativa, a BDE e a deficiência de estrogênio exercem efeitos conjuntos e independentes na saúde óssea estrutural e funcional (Southmayd et al., 2017), então a BDE, mesmo na ausência da disfunção menstrual, apresenta riscos. Isso destaca a importância de se olhar para além da disfunção menstrual quando se avalia a BDE (veja seção sobre a prevenção secundária). De fato, outros marcadores que representam a BDE, ou cálculos de escores de risco baseados no conjunto de indicadores para RED-S, foram com frequência associados com um risco maior para FOEs em mulheres. Por exemplo, estudos utilizando a ferramenta para Avaliação de Risco Acumulado para a Tríade da Mulher Atleta [CRA; uma ferramenta de classificação baseada em diferentes níveis de severidade do baixo índice de massa corporal, transtornos alimentares, função menstrual, DMO, e histórico de FOE (Joy et al., 2014)] relatam um número 2 a 4 vezes maior de FOEs relacionadas à carreira em atletas com escore CRA com risco moderado a alto (Tenforde et al., 2017). Além disso, foi relatado que cada 1 ponto de aumento no escore CRA produziu um risco 37% maior de uma FOE prospectiva (Tenforde et al., 2022). Em conjunto com escores CRA totais, os comportamentos alimentares restritivos foram independentemente associados com um histórico de FOEs múltiplas em atletas do sexo feminino (Gehman et al., 2022).

Estudos também investigaram os efeitos da BDE na prevalência (retrospectiva) e risco (prospectiva) de FOEs de alto-risco comparadas com as de baixo-risco em atletas mulheres. FOEs de alto-risco no osso trabecular (colo do fêmur, sacro) tendem a ser mais severas e retardam o retorno de atletas aos esportes (Hoening et al., 2023). Em atletas do sexo feminino, comportamentos de transtornos alimentares, um escore Z para DMO < -1,0 e o acúmulo de fatores de risco para a Tríade foram associados a maiores chances para FOEs de alto-risco, independentemente do estado menstrual (Holtzman et al., 2022). Adicionalmente, mulheres que apresentam baixa DMO e baixo índice de massa corporal parecem ter maiores chances de FOEs de alto-risco posteriores (Tenforde et al., 2022). Enquanto a RED-S é sempre precedida pela BDE, é importante destacar que nem todas as incidências de BDE levam à RED-S. Breves períodos de BDE podem alterar as concentrações hormonais, e até mesmo alguns marcadores do metabolismo ósseo, mas estas alterações podem não ser uma preocupação aguda para a saúde óssea, ou mesmo um conceito mais amplo de RED-S, em casos em que a BDE é breve e/ou leve em natureza. Alterações nos ossos necessitam da presença de BDE severa e/ou prolongada, onde o perfil hormonal alterado em conjunto com os efeitos diretos no osso por um longo período resulta no metabolismo ósseo, estrutura e função ósseas prejudicados. Dito isso, as atletas são encorajadas a empregar-se para obtenção de uma DE adequada para a saúde e para os resultados de performance ideais a longo-prazo, já que qualquer comprometimento no tecido ósseo vai provavelmente resultar em uma quantidade de tempo substancial para consertar, ou restaurar, a função e, por vezes, os danos podem ser irreversíveis (Warren et al., 2002).

Oportunidade: Atletas do sexo feminino devem garantir uma DE ideal para auxiliar a saúde e a função óssea, como parte da prevenção primária (veja seção da Prevenção Primária, e a Figura 1). O que é definido como uma DE ideal depende de cada atleta individualmente e das circunstâncias pessoais, mas provavelmente seja por volta de 40-45 kcal/kg MLG/dia (Loucks et al., 2011). Já que os cálculos para a DE são difíceis e não exatamente possíveis, os melhores indicadores para atingir e manter uma DE ideal conta com avaliações subjetivas

e objetivas da saúde, bem-estar e performance. Neste sentido, autoavaliações (pelas atletas) e observações (pelas atletas e equipe de suporte) regulares dos indicadores de RED-S são cruciais (por favor, veja a seção da Prevenção Secundária).

DISPONIBILIDADE DE CARBOIDRATOS

Desafio: A maioria dos atletas reconhece a importância dos carboidratos no auxílio à qualidade do treino, à adaptação e às metas de performance (Moore et al., 2022). No entanto, evidências sugerem que os carboidratos podem ter também um papel independente da energia em diversos resultados relacionados à saúde. No contexto da saúde óssea, limitar a ingestão de carboidratos antes (Scott et al., 2012), durante (Sale et al., 2015) ou após (Townsend et al., 2017) o exercício pode alterar de maneira aguda o perfil da remodelação óssea em favor da reabsorção óssea (Sale & Elliott-Sale, 2020). Um número limitado de estudos com atletas do sexo feminino e masculino sugere que dietas pobres em carboidratos (< 50 g/dia) agudas (24h) (Hammond et al., 2019) e de curta duração (5 dias a 3,5 semanas) (Fensham et al., 2022; Heikura et al., 2019), podem também prejudicar o perfil da remodelação óssea. Se essas mudanças eventualmente se traduzem em resultados funcionais, incluindo uma menor DMO e um maior risco para FOEs em atletas, permanece desconhecido e é atualmente difícil de decifrar com base nas evidências existentes.

Oportunidade: Atletas do sexo feminino devem garantir a disponibilidade de carboidratos adequada diariamente e no decorrer dos dias, com base nas demandas metabólicas dos treinos e competições. Já que a quantidade exata será específica à cada atleta, ao esporte e ao treino ou à fase da competição, uma discussão aprofundada está além do escopo deste trabalho e o leitor é direcionado a publicações como Moore et al. (2022) e Impey et al. (2018).

OUTRAS CONSIDERAÇÕES NUTRICIONAIS

Desafio: A proteína da dieta pode exercer um papel positivo concreto na massa óssea das atletas e no risco para fraturas, mais provavelmente por meio dos efeitos nas vias anabólicas e homeostase do cálcio (Dolan & Sale, 2019). Em geral, atletas parecem consumir bastante proteína (Heikura et al., 2017) e, portanto, a ingestão de proteínas provavelmente não se torna um fator limitante para a saúde óssea. Um cenário comum, onde a ingestão de proteínas da dieta pode tornar-se comprometida, é durante períodos de BDE. Enquanto a proteína adequada pode recuperar alguns dos efeitos da BDE no corpo, uma ingestão maior de proteínas não parece atenuar os danos na remodelação óssea durante a BDE (Murphy et al., 2021).

Enquanto uma discussão detalhada de micronutrientes está além do escopo deste artigo (veja Sale & Elliott-Sale, 2020), a importância da ingestão adequada de cálcio e de vitamina D para a saúde óssea ideal, durante toda a vida e, independentemente do nível de atividade física, merece uma discussão breve. O cálcio pode ser descrito como o bloco de construção necessário para a mineralização do novo tecido ósseo, enquanto a vitamina D tem um papel de aumentar a absorção intestinal do cálcio, promover a mineralização óssea, e regular a atividade da osteocalcina (Sale & Elliott-Sale, 2020). Especificamente para atletas do sexo feminino, as necessidades tendem a ser, de certa forma, maiores do que para os atletas homens. Além disso, atletas mulheres podem ter dificuldade para atingir as necessidades específicas destes nutrientes devido a fatores como a BDE, restrições nutricionais (alergia ao leite) ou uma dieta especial (vegetariana). Uma consideração preventiva final para o cálcio vem de recentes investigações sobre a ingestão de cálcio

imediatamente antes do exercício. Já que atletas perdem cálcio através do suor, estudos recomendam ingerir o cálcio na refeição pré-exercício para atenuar alguns dos resultados agudos da homeostase do cálcio (Wherry et al., 2022).

Oportunidade: Atletas e recrutas militares do sexo feminino que consomem mais que 1.500 mg/dia de cálcio exibem as maiores reduções de FOEs (Tenforde et al., 2010). É, portanto, recomendado que atletas mulheres procurem consumir 1.000-1.500 mg/dia de cálcio e 1.000-2.000 UI de vitamina D/dia (Figura 1 e Holtzman & Ackerman, 2021). Enquanto menos pesquisado, as atletas que apresentam um risco alto, ou histórico ruim, de DMO/FOEs poderiam também se beneficiar com 1.000 mg de cálcio (fontes alimentares ou suplementos) pelo menos 1 hora antes do exercício (Wherry et al., 2022).

A PREVENÇÃO É O MELHOR TRATAMENTO

Devido à natureza dos prejuízos da saúde óssea resultantes da BDE, o melhor tratamento é inegavelmente a prevenção. As seções seguintes irão discutir a educação e a nutrição otimizada (Prevenção Primária), assim como exames e a detecção precoce das atletas em risco para RED-S (Prevenção Secundária). O último passo – a Prevenção Terciária – irá discutir o tratamento dos problemas existentes em relação à saúde óssea. Este esquema de três etapas é resumido na Figura 1 e baseado no trabalho de Torstveit et al. (2023) que aborda a prevenção de RED-S. Já que as consequências relacionadas à saúde óssea tendem a ser identificadas nos estágios tardios de RED-S, as seções das prevenções primária e secundária irão discutir principalmente a prevenção no contexto dos indicadores iniciais de RED-S.

PREVENÇÃO PRIMÁRIA

A prevenção primária da saúde óssea precária consiste em diversas ações proativas que devem considerar a atleta do sexo feminino, seu time de suporte e todo o sistema esportivo, e essencialmente focar em minimizar qualquer exposição potencial à BDE que leve a consequências ósseas ruins a longo prazo. Neste artigo, os conceitos essenciais incluem o conhecimento e a sua tradução para comportamentos. Em geral, o conhecimento relacionado à RED-S entre as atletas e o time mais amplo de suporte permanece ruim em termos de qualidade (Gillbanks et al., 2022a; Lodge et al., 2022). Enquanto o conhecimento precede a mudança de comportamento, não necessariamente ele garante isso. Portanto, as atletas necessitam de um entendimento e habilidade para adotar ações proativas no sentido de alcançar uma DE e estratégias nutricionais ideais (Stewart et al., 2019). Neste sentido, as habilidades (planejamento e preparo das refeições) e a possibilidade (financeira) para transformar o conhecimento em ação, são necessárias. Isso pode incluir intervenções educacionais (Fahrenholtz et al., 2023), ou consultas individuais com nutricionistas esportivos. Por exemplo, uma intervenção prospectiva recente com duração de 7 anos implementando atividades de educação nutricional e consultas com atletas mulheres relatou menores taxas de FOE trabecular (Fredericson et al., 2023). De maneira ideal, a educação se estende a um grupo maior de pessoas envolvidas no dia a dia da atleta, incluindo os pais, treinadores e professores. Devido à natureza das questões relacionadas à saúde óssea da atleta mulher (desafios relacionados ao diagnóstico precoce e ao prognóstico ruim de retorno aos jogos), os grupos de alto risco (esportes estéticos ou de endurance, jovens atletas passando pela fase de pico do crescimento ósseo) devem receber atenção especial.

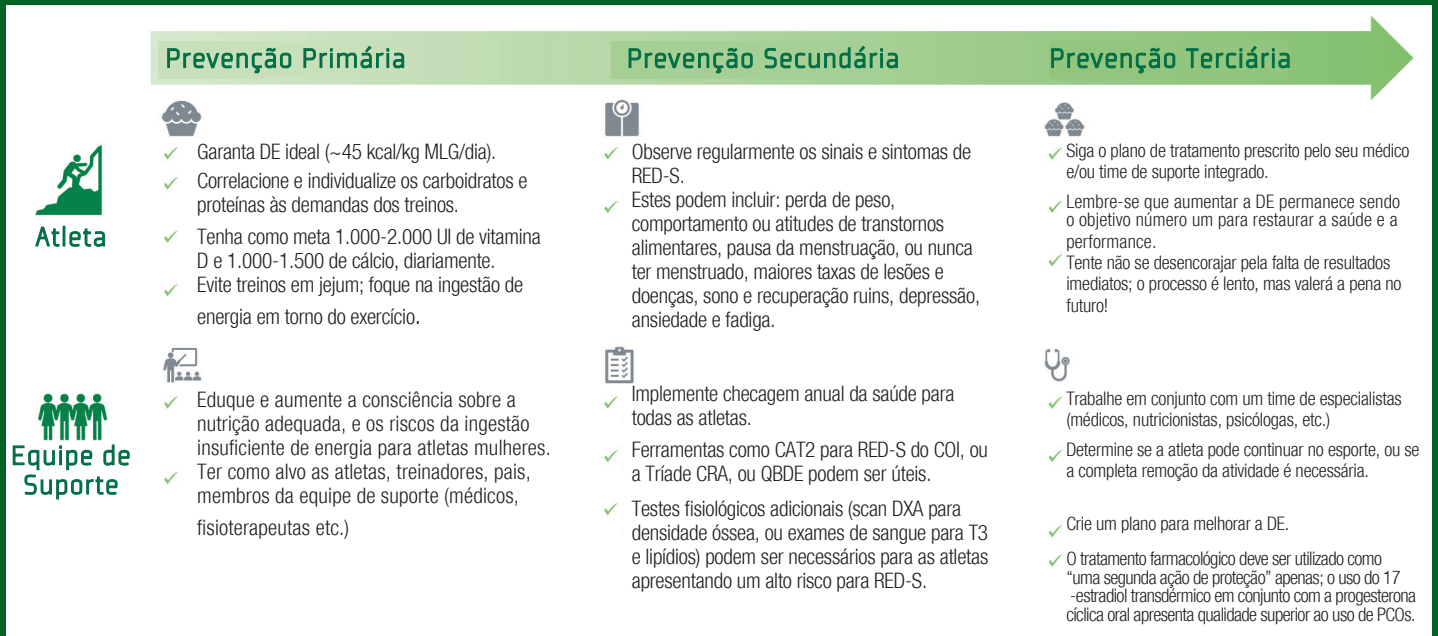


Figura 1: orientações práticas para a atleta do sexo feminino e seu entorno para a implementação com sucesso de estratégias de prevenção primária, secundária e terciária. DE, disponibilidade de energia; MLG, massa livre de gordura; RED-S, Deficiência Relativa de Energia no Esporte; COI, Comitê Olímpico Internacional; CAT2, Ferramenta de Avaliação Clínica Versão 2; Triade CRA, Ferramenta de Avaliação de Risco Acumulado da Triade da Mulher Atleta; BDEF-Q, Questionário para a Baixa Disponibilidade de Energia em Mulheres; DXA, absorciometria bifotônica por raios-X; T3, triiodotironina; E2, estrogênio; PCO, pílula contraceptiva oral.

PREVENÇÃO SECUNDÁRIA

Enquanto a prevenção primária da RED-S é preferível, de maneira realista, algumas atletas ainda vão sofrer FOEs ou apresentar uma saúde óssea precária. Isso destaca a importância da identificação precoce de RED-S para garantir uma intervenção adequada e a prevenção de futuras complicações à saúde. Em relação aos ossos, o gerenciamento precoce de RED-S tem o potencial de prevenir completamente uma DMO ruim e FOEs, que normalmente demoram mais para se desenvolver em comparação a algumas consequências iniciais de RED-S. Já que a maioria dos sinais e sintomas relacionados à saúde óssea precária (menor DMO e presença de FOEs) são apenas observados uma vez que o estrago já foi feito, e provavelmente isso trará um tempo de recuperação considerável, a atenção deve ser direcionada para os sinais e sintomas iniciais de RED-S. Apesar da BDE ter sido matematicamente definida como $DE < 30$ kcal/kg MLG/dia, aproximadamente (Loucks et al., 2011), na prática, os cálculos para a DE são desafiadores devido a diversas questões metodológicas (Burke et al., 2018; Heikura et al., 2022), e os especialistas incentivam a avaliação do conjunto de sinais fisiológicos e psicológicos (medidas objetivas, DMO) e sintomas (observados ou autoavaliados; presença de FOE) de RED-S (Heikura et al., 2022). Opções para a avaliação em campo incluem a aplicação de questionários para BDE, ou específicos para distúrbios alimentares (Questionário para a Baixa Disponibilidade de Energia em Mulheres, Questionário para Detecção de Distúrbios Alimentares, Questionário Breve para a Avaliação de Distúrbios Alimentares etc.), assim como o monitoramento do estado menstrual, as alterações no peso corporal, maiores níveis de fadiga, instabilidade do humor, irritação e depressão (Stellingwerff et al., 2023). Como esses sintomas podem ser subjetivos e necessitam de mais investigação para confirmar um diagnóstico de RED-S, ferramentas mais específicas com a combinação de medidas objetivas (sinais) e subjetivas (sintomas) podem se provar úteis.

A nova Ferramenta de Avaliação Clínica de RED-S do Comitê Olímpico Internacional (COI) versão 2 [CAT2; (Stellingwerff et al., 2023)] é uma compilação de seis indicadores de RED-S primários (amenorreia primária

ou secundária, baixa DMO, histórico de FOE, baixa triiodotironina (T3), distúrbios alimentares e desvio da curva de crescimento) e quatro secundários (oligomenorreia, histórico de FOE, depressão e colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade) ou total elevado), onde os conjuntos destes indicadores formam a base da avaliação do risco/severidade por cores chamado em inglês de "traffic light" (categorias: luzes verde, amarela, laranja ou vermelha). Alguns dos indicadores podem se desenvolver após períodos relativamente breves de BDE preocupante (como concentrações de triiodotironina reduzidas ou disfunção menstrual); enquanto outros são apenas detectados em um estágio mais tardio (DMO reduzida e/ou FOE). Enquanto estudos futuros precisam testar a CAT2 para RED-S na prática, estudos anteriores implementando o CRA apoiam a ideia de que a presença de qualquer indicador apresenta um risco para a saúde óssea da atleta, enquanto a presença de um conjunto de indicadores aumenta as chances de FOE ou DMO baixa, significativamente (Barrack et al., 2014; Tenforde et al., 2017). Uma discussão detalhada para a triagem de RED-S está além do escopo deste artigo e o leitor é encaminhado à publicação da nova CAT2 de RED-S do COI (Stellingwerff et al., 2023).

Em concordância com as recomendações do COI, sugere-se que atletas do sexo feminino devem ser examinadas para sintomas de RED-S anualmente (Stellingwerff et al., 2023). Apenas atletas habilitadas para treinar e competir (luzes verde e amarela) devem ser permitidas de assim fazer, enquanto atletas com risco aumentado (luzes laranja e vermelha) devem receber apoio para restaurar a saúde e a função antes do retorno completo aos treinos e competições.

PREVENÇÃO TERCIÁRIA

Atletas do sexo feminino podem se beneficiar com intervenções adicionais para a saúde óssea no contexto de FOEs recorrentes, e/ou quando diagnosticadas com baixa DMO. Melhoras na saúde óssea podem ser conquistadas através da restauração de ciclos menstruais regulares e medidas relacionadas à BDE em mulheres adolescentes, no entanto, as

deficiências na DMO podem permanecer em algumas atletas mulheres (Misra et al., 2008). Se a DMO normal não é atingida em 6-12 meses de nutrição direcionada e intervenções de exercícios, e a atleta permanece no estado amenorreico, intervenções farmacológicas podem ser consideradas (Gordon et al., 2017). Quando intervenções relacionadas à saúde óssea são consideradas, profissionais da medicina devem adotar uma abordagem individualizada para a condição de cada atleta, considerando a idade, a severidade da baixa DMO, histórico de FOE e atenção com todos os aspectos relacionados aos cuidados, incluindo a nutrição e nível de atividade física.

Níveis ideais de estrogênio são um fator importante para atingir uma DMO saudável, no entanto, diferentes métodos de oferta do estradiol exógeno mostraram ter efeitos variados na saúde óssea. Por um lado, foi relatado que a administração de pílulas contraceptivas orais de estrógeno e progesterona (PCOs) não apresentaram efeitos na melhora da DMO ou redução do risco de fraturas (Nappi et al., 2012). O estradiol oral exógeno, como nos PCOs, mostrou-se inibir a liberação do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1), o que pode por sua vez reduzir a formação óssea (Horenz et al., 2022). Ao contrário dos PCOs combinados, o estrogênio transdérmico não afeta a secreção de IGF-1 (Mountjoy et al., 2018). O estrogênio transdérmico mostrou-se melhorar a DMO e a microarquitetura óssea em atletas mulheres com amenorreia hipotalâmica funcional (Ackerman et al., 2020). Ele é normalmente administrado de maneira transdérmica como 17 β -estradiol, em conjunto com a progesterona cíclica oral (Gordon et al., 2017; Mountjoy et al., 2018). Um ensaio controlado randomizado encontrou aumentos nos escores Z para DMO total do quadril, colo do fêmur e da espinha lombar em atletas amenorreicas por um período de 12 meses, utilizando adesivo de 17 β -estradiol transdérmico de 100 μ g, de maneira contínua, aplicado duas vezes por semana, e uso da progesterona cíclica micronizada oral (200 mg) por 12 dias de cada mês (Ackerman et al., 2020). Os efeitos do uso a longo prazo do estrogênio transdérmico não são bem estudados e devem ser utilizados como um método de tratamento a curto prazo, em conjunto com o tratamento adequado de quaisquer preocupações nutricionais ou psicológicas subjacentes, ou em relação aos exercícios (Gordon et al., 2017).

Em raras circunstâncias, o gerenciamento farmacológico que não seja a reposição de estrogênio transdérmico pode ser considerado quando as atletas apresentam DMO severamente baixa e a terapia não-farmacológica tenha falhado. Nestas situações, as atletas devem ser encaminhadas a um endocrinologista, ou um especialista em doenças metabólicas dos ossos para discutir de maneira minuciosa as opções de gerenciamento e cuidados relacionados ao acompanhamento. Bifosfonatos, um agente antirreabsorptivo, são comumente utilizados no gerenciamento da osteoporose, mas não são normalmente recomendados para atletas devido às preocupações com a teratogenicidade fetal em mulheres em idade reprodutiva (Gordon et al., 2017). Adicionalmente, os bifosfonatos podem retardar a cura de FOEs pela inibição da remodelação intracortical e da remoção do dano (Sloan et al., 2010). O hormônio da paratireoide recombinante humano (rPTH 1-34) estimula os osteoblastos mais que os osteoclastos, e pode impactar na cura do tecido ósseo. O rPTH mostrou-se melhorar a DMO por reforçar a remodelação óssea naqueles se recuperando de anorexia nervosa (Fazeli et al., 2014), contudo, ele deve apenas ser considerado no caso de atletas apresentando recuperação tardia das fraturas, ou uma DMO extremamente baixa (Gordon et al., 2017). Essas medicações também não são recomendadas para adolescentes com placas de crescimento abertas (Hoenig et al., 2022).

Em conjunto com os esforços para melhorar a DE, o treino de força e/

ou os exercícios pliométricos podem ser outro método para aprimorar a DMO em atletas. Há poucas evidências nesta área, no entanto, estudos anteriores mostraram que os treinos de força em atletas do sexo masculino melhoraram a DMO, em comparação com treinos de corrida e controles sedentários (Kuikman et al., 2021). Além disso, por meio de saltos expressivos e movimentos de saltos, os exercícios pliométricos podem fornecer uma deposição óssea vantajosa e multidimensional (Lambert et al., 2020).

APLICAÇÕES PRÁTICAS

- A educação nutricional é importante para garantir que atletas do sexo feminino tenham conhecimento e habilidade para implementar uma dieta que forneça uma DE ideal (aproximadamente 40-45 kcal/kg MLG/dia), que corresponda a disponibilidade de carboidratos, diariamente e no decorrer dos dias, com a demanda dos treinos, e tenha quantidades suficientes de cálcio e vitamina D como suporte para a saúde óssea durante toda a vida.
- A participação em triagens anuais de RED-S, assim como a autoavaliação regular e a observação de indicadores importantes de RED-S são primordiais para permitir a detecção precoce e a intervenção, ou o tratamento dos problemas para prevenir consequências a longo prazo, relacionados com a DMO reduzida e o desenvolvimento de FOEs.
- O tratamento deve ser orientado por um médico e modificado para cada atleta, mas normalmente consiste em melhorar a DE como uma primeira medida de proteção, possivelmente seguido por intervenções farmacológicas nos casos em que melhoras na DMO ou na amenorreia, não forem observadas apesar do aumento na DE. Opções farmacológicas incluem normalmente a aplicação transdérmica de 17 β -estradiol em conjunto com a progesterona cíclica oral, e em raros casos, outras opções podem ser necessárias.
- Esses passos foram resumidos na Figura 1.

CONCLUSÃO

Atletas do sexo feminino enfrentam um desafio único; no qual os riscos e a prevalência da BDE, em conjunto com outras deficiências nutricionais (ingestão inadequada de carboidratos, cálcio e vitamina D) são altas e as repercussões posteriores possivelmente severas devido aos desafios relacionados à falta de medidas de prevenção primária, à identificação tardia das atletas de alto risco, e a um prognóstico ruim das consequências de uma saúde óssea prejudicada. Isso destaca a importância de: 1) ações proativas (maior educação e tradução do conhecimento em comportamento) por parte das atletas e todo o seu entorno para atenuar a exposição à BDE e outras deficiências nutricionais; 2) triagem precoce e frequente de todas as atletas para identificação de sinais e sintomas da BDE e RED-S; 3) intervenção antecipada, orientada por um médico e a implementação de estratégias de tratamento baseadas em evidências nos casos de saúde óssea comprometida. A implementação adequada e coordenada destes passos durante toda a vida da atleta pode estabelecer os fundamentos para atletas do sexo feminino saudáveis e de sucesso, que estendam essas implicações positivas para muito além de suas carreiras.

Os pontos de vista expressos neste artigo são dos autores e não refletem necessariamente a posição, ou políticas, da PepsiCo, Inc.

REFERÊNCIAS

- Ackerman, K.E., T. Nazem, D. Chapko, M. Russell, N. Mendes, A.P. Taylor, M.L. Bouxsein, and M. Misra (2011). Bone microarchitecture is impaired in adolescent amenorrheic athletes compared with eumenorrheic athletes and nonathletic controls. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 96:3123-3133.
- Ackerman, K.E., N. Cano Sokoloff, G.D. DeNardo Maffazioli, H.M. Clarke, H. Lee, and M. Misra (2015). Fractures in relation to menstrual status and bone parameters in young athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 47:1577-1586.
- Ackerman, K.E., V. Singhal, M. Slattery, K.T. Eddy, M.L. Bouxsein, H. Lee, A. Klibanski, and M. Misra (2020). Effects of estrogen replacement on bone geometry and microarchitecture in adolescent and young adult oligoamenorrheic athletes: A randomized trial. *J. Bone Miner. Res.* 35:248-260.
- Bailey, D.A., H.A. McKay, R.L. Mirwald, P.R. Crocker, and R.A. Faulkner (1999). A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: The University of Saskatchewan bone mineral accrual study. *J. Bone Miner. Res.* 14:1672-1679.
- Barrack, M.T., J.C. Gibbs, M.J. De Souza, N.I. Williams, J.F. Nichols, M.J. Rauh, and A. Nattiv (2014). Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors: A prospective multisite study of exercising girls and women. *Am. J. Sports Med.* 42:949-958.
- Burke, L.M., B. Lundy, I.L. Fahrenholtz, and A.K. Melin (2018). Pitfalls of conducting and interpreting estimates of energy availability in free-living athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 28:350-363.
- Cabre, H.E., S.R. Moore, A.E. Smith-Ryan, and A.C. Hackney (2022). Relative energy deficiency in sport (RED-S): Scientific, clinical, and practical implications for the female athlete. *Germ J. Sports Med.* 73:225-234.
- Clay, B. (2017). Bobby Clay – my osteoporosis nightmare. *Athl. Weekly*. Retrieved May 19, 2023 from <https://athleticsweekly.com/performance/bobby-clay-my-osteoporosisnightmare-70422/>
- Dolan, E., and C. Sale (2019). Protein and bone health across the lifespan. *Proc. Nutr. Soc.* 78:45-55.
- Fahrenholtz, I.L., A.K. Melin, I. Garthe, S.M. Hollekim-Strand, A. Ivarsson, K. Koehler, D. Logue, P. Lundstrom, S. Madigan, P. Wasserfurth, and M.K. Torstveit (2023). Effects of a 16-week digital intervention on sports nutrition knowledge and behavior in female endurance athletes with risk of relative energy deficiency in sport (REDs). *Nutrients* 15:1082.
- Fazeli, P.K., I.S. Wang, K.K. Miller, D.B. Herzog, M. Misra, H. Lee, J.S. Finkelstein, M.L. Bouxsein, and A. Klibanski (2014). Teriparatide increases bone formation and bone mineral density in adult women with anorexia nervosa. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 99:1322-1329.
- Fensham, N.C., I.A. Heikura, A.K.A. McKay, N. Tee, K.E. Ackerman, and L.M. Burke (2022). Short-term carbohydrate restriction impairs bone formation at rest and during prolonged exercise to a greater degree than low energy availability. *J. Bone Miner. Res.* 37:1915-1925.
- Fernandez-Tresguerres-Hernandez-Gil, I., M. Alobera Gracia, M. del Canto-Pingarron, and L. Blanco-Jerez (2006). Physiological bases of bone regeneration II. The remodeling process. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.* 11:51-57.
- Fredericson, M., M. Roche, M.T. Barrack, A. Tenforde, K. Sainani, E. Kraus, A. Kussman, E. Miller Olson, B.Y. Kim, K. Fahy, E. Miller, E. Diamond, S. Meraz, S. Singh, and A. Nattiv (2023). Healthy Runner Project: a 7-year, multisite nutrition education intervention to reduce bone stress injury incidence in collegiate distance runners. *B.M.J. Open Sport Exerc. Med.* 9:e001545.
- Gehman, S., K.E. Ackerman, S. Caksa, S.E. Rudolph, J.M. Hughes, M. Garrahan, A.S. Tenforde, M.L. Bouxsein, and K.L. Popp (2022). Restrictive eating and prior low-energy fractures are associated with history of multiple bone stress injuries. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 32:325-333.
- Gillbanks, L., M. Mountjoy, and S.R. Filbay (2022a). Insufficient knowledge and inappropriate physiotherapy management of Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) in lightweight rowers. *Phys. Ther. Sport* 54:8-15.
- Gillbanks, L., M. Mountjoy, and S.R. Filbay (2022b). Lightweight rowers' perspectives of living with Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *PLoS One* 17:e0265268.
- Gordon, C.M., K.E. Ackerman, S.L. Berga, J.R. Kaplan, G. Mastorakos, M. Misra, M.H. Murad, N.F. Santoro, and M.P. Warren (2017). Functional hypothalamic amenorrhea: An endocrine society clinical practice guideline. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 102:1413-1439.
- Hammond, K.M., C. Sale, W. Fraser, J. Tang, S.O. Shepherd, J.A. Strauss, G.L. Close, M. Cocks, J. Louis, J. Pugh, C. Stewart, A.P. Sharples, and J.P. Morton (2019). Postexercise carbohydrate and energy availability induce independent effects on skeletal muscle cell signalling and bone turnover: Implications for training adaptation. *J. Physiol.* 597:4779-4796.
- Heikura, I.A., L.M. Burke, A.A. Mero, A.L.T. Uusitalo, and T. Stellingwerff (2017). Dietary microperiodization in elite female and male runners and race walkers during a block of high intensity precompetition training. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 27:297-304.
- Heikura, I.A., A.L.T. Uusitalo, T. Stellingwerff, D. Bergland, A.A. Mero, and L.M. Burke (2018). Low energy availability is difficult to assess but outcomes have large impact on bone injury rates in elite distance athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 28:403-411.
- Heikura, I.A., L.M. Burke, J.A. Hawley, M.L. Ross, L. Garvican-Lewis, A.P. Sharma, A.K.A. McKay, J.J. Leckey, M. Welvaert, L. McCall, and K.E. Ackerman (2019). A short-term ketogenic diet impairs markers of bone health in response to exercise. *Front. Endocrinol.* 10: 880.
- Heikura, I.A., T. Stellingwerff, and J.L. Areta (2022). Low energy availability in female athletes: From the lab to the field. *Eur. J. Sport Sci.* 22:709-719.
- Hoenig, T., K.E. Ackerman, B.R. Beck, M.L. Bouxsein, D.B. Burr, K. Hollander, K.L. Popp, T. Rolvien, A.S. Tenforde, and J.S. Warden (2022). Bone stress injuries. *Nat. Rev. Dis. Primers* 8:26.
- Hoenig, T., J. Eissele, A. Strahl, K.L. Popp, J. Sturznicke, K.E. Ackerman, K. Hollander, S.J. Warden, K.H. Frosch, A.S. Tenforde, and T. Rolvien (2023). Return to sport following low-risk and high-risk bone stress injuries: A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 57:427-432.
- Holtzman, B., and K.E. Ackerman (2021). Practical approaches to nutrition for female athletes. *SSE #215*.
- Holtzman, B., K.L. Popp, A.S. Tenforde, A.L. Parziale, K. Taylor, and K.E. Ackerman (2022). Low energy availability surrogates associated with lower bone mineral density and bone stress injury site. *PM & R* 14:587-596.
- Horenz, C., M. Vogel, K. Wirkner, U. Ceglarek, J. Thiery, R. Pfaffle, W. Kiess, and J. Kratzsch (2022). BMI and contraceptives affect new age-, sex-, and puberty-adjusted IGF-I and IGFBP-3 reference ranges across life span. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 107:e2991-e3002.
- Hosmer, W.D., H.K. Genant, and W.S. Browner (2002). Fractures before menopause: A red flag for physicians. *Osteoporos Int.* 13:337-341.
- Ihle, R., and A.B. Loucks (2004). Dose-response relationships between energy availability and bone turnover in young exercising women. *J. Bone Miner. Res.* 19:1231-1240.
- Impey, S.G., M.A. Hearn, K.M. Hammond, J.D. Barlett, J. Louis, G.L. Close, and J.P. Morton (2018). Fuel for the work required: A theoretical framework for carbohydrate periodization and the glycogen threshold hypothesis. *Sports Med.* 48:1031-1048.
- Joy, E., M.J. De Souza, A. Nattiv, M. Misra, N.I. Williams, R.J. Mallinson, J.C. Gibbs, M. Olmsted, M. Goolsby, G. Matheson, M. Barrack, L. Burke, B. Drinkwater, C. Lebrun, A.B. Loucks, M. Mountjoy, J. Nichols, and J.S. Borgen (2014). 2014 female athlete triad coalition consensus statement on treatment and return to play of the female athlete triad. *Curr. Sports Med. Rep.* 13:219-232.
- Kuikman, M.A., M. Mountjoy, T. Stellingwerff, and J.F. Burr (2021). A Review of nonpharmacological strategies in the treatment of relative energy deficiency in sport. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 31:268-275.
- Lambert, C., B.R. Beck, A.T. Harding, S.L. Watson, and B.K. Weeks (2020). Regional changes in indices of bone strength of upper and lower limbs in response to high intensity impact loading or high-intensity resistance training. *Bone* 132:115192.
- Lewis, K.J., P. Cabahug-Zuckerman, J.F. Boorman-Padgett, J. Basta-Pljakic, J. Louie, S. Stephen, D.C. Spray, M.m. Thi, Z. Seref-Ferlengez, R.J. Majeska, S. Weinbaum, and M.B. Schaffler (2021). Estrogen depletion on in vivo osteocyte calcium signaling responses to mechanical loading. *Bone* 152:116072. *Sports Science Exchange* (2023) Vol. 36, No. 241, 1- 7
- Lodge, M.T., K.E. Ackerman, and J. Garay (2022). Knowledge of the female athlete triad and relative energy deficiency in sport among female cross-country athletes and support staff. *J. Athl. Train.* 57:385-392.
- Loucks, A.B., and J.R. Thuma (2003). Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 88:297-311.

- Loucks, A.B., B. Kiens, and H.H. Wright (2011). Energy availability in athletes. *J. Sports Sci.* 29(Suppl 1):S7-S15.
- Misra, M., R. Prabhakaran, K.K. Miller, M.A. Goldstein, D. Mickley, L. Clauss, P. Lockhart, J. Cord, D.B. Herzog, D.K. Katzman, and A. Klibanski (2008). Weight gain and restoration of menses as predictors of bone mineral density change in adolescent girls with anorexia nervosa-1. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 93:1231-1237.
- Moore, D.R., J. Sygo, and J.P. Morton (2022). Fuelling the female athlete: Carbohydrate and protein recommendations. *Eur. J. Sport Sci.* 22:684-696.
- Mountjoy, M., J. Sundgot-Borgen, L. Burke, S. Carter, N. Constantini, C. Lebrun, N. Meyer, R. Sherman, K. Steffen, R. Budgett, and A. Ljungqvist (2014). The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br. J. Sports Med.* 48:491-497.
- Mountjoy, M., J.K. Sundgot-Borgen, L.M. Burke, K.E. Ackerman, C. Blauwet, N. Constantini, C. Lebrun, B. Lundy, A.K. Melin, N.L. Meyer, R.T. Sherman, A.S. Tenforde, M. Klugland Torstveit, and R. Budgett (2018). IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *Br. J. Sports Med.* 52:687-697.
- Mountjoy, M.L., K.E. Ackerman, D.M. Bailey, L.M. Burke, N. Constantini, A.C. Hackney, I.A. Heikura, A.K. Melin, A.M. Pensgaard, T. Stellingwerff, J. Sundgot-Borgen, M.K. Torstveit, A.U. Jacobsen, E. Verhagen, R. Budgett, L. Engebretsen, and U. Erdener (2023). The 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sports (REDs). *Br. J. Sports Med.* In press.
- Murphy, C., L.D.D. Bilek, and K. Koehler (2021). Low energy availability with and without a high-protein diet suppresses bone formation and increases bone resorption in men: A randomized controlled pilot study. *Nutrients* 13:802.
- Nappi, C., G. Bifulco, G.A. Tommaselli, V. Gargano, and C. Di Carlo (2012). Hormonal contraception and bone metabolism: A systematic review. *Contraception* 86:606-621.
- Papageorgiou, M., D. Martin, H. Colgan, S. Cooper, J.P. Greeves, J.C.Y. Tang, W.D. Fraser, K.J. Elliott-Sale, and C. Sale (2018). Bone metabolic responses to low energy availability achieved by diet or exercise in active eumenorrhic women. *Bone* 114:181-188.
- Popp, K.L., L.M. Cooke, M.L. Bouxsein, and J.M. Hughes (2022). Impact of low energy availability on skeletal health in physically active adults. *Calcif. Tissue Int.* 110:605-614.
- Raysmith, B.P., and M.K. Drew (2016). Performance success or failure is influenced by weeks lost to injury and illness in elite Australian track and field athletes: A 5-year prospective study. *J. Sci. Med. Sport* 19:778-783.
- Sale, C., and K.J. Elliott-Sale (2020) Nutrition and athlete bone health. *SSE #201*.
- Sale, C., I. Varley, T.W. Jones, R.M. James, J.C. Tang, W.D. Fraser, and J.P. Greeves (2015). Effect of carbohydrate feeding on the bone metabolic response to running. *J. Appl. Physiol.* 119:824-830.
- Scott, J.P., C. Sale, J.P. Greeves, A. Casey, J. Dutton, and W.D. Fraser (2012). Effect of fasting versus feeding on the bone metabolic response to running. *Bone* 51:990-999.
- Sloan, A.V., J.R. Martin, S. Li, and J. Li (2010). Parathyroid hormone and bisphosphonate have opposite effects on stress fracture repair. *Bone* 47:235-240.
- Southmayd, E.A., R.J. Mallinson, N.I. Williams, D.J. Mallinson, and M.J. De Souza (2017). Unique effects of energy versus estrogen deficiency on multiple components of bone strength in exercising women. *Osteoporos. Int.* 28:1365-1376.
- Stellingwerff, T., M.L. Mountjoy, W.T. McCluskey, K.E. Ackerman, A.U. Jacobsen, E. Verhagen, and I.A. Heikura (2023). The IOC relative energy deficiency in sport clinical assessment tool - version 2 (IOC REDs CAT2): A narrative review by a sub-group of the IOC consensus on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *Br. J. Sports Med.* In press.
- Stewart, T.M., T. Pollard, T. Hildebrandt, N.Y. Wesley, L.S. Kilpela, and C.B. Becker (2019). The Female Athlete Body project study: 18-month outcomes in eating disorder symptoms and risk factors. *Int. J. Eat. Disord.* 52:1291-1300.
- Tenforde, A.S., L.C. Sayres, K.L. Sainani, and M. Fredericson (2010). Evaluating the relationship of calcium and vitamin D in the prevention of stress fracture injuries in the young athlete: A review of the literature. *PM & R* 2:945-949.
- Tenforde, A.S., J.L. Carlson, A. Chang, K.L. Sainani, R. Shultz, J.H. Kim, P. Cutti, N.H. Golden, and M. Fredericson (2017). Association of the female athlete triad risk assessment stratification to the development of bone stress injuries in collegiate athletes. *Am. J. Sports Med.* 45:302-310.
- Tenforde, A.S., N.B. Katz, K.L. Sainani, J.L. Carlson, N.H. Golden, and M. Fredericson (2022). Female athlete triad risk factors are more strongly associated with trabecular-rich versus cortical-rich bone stress injuries in collegiate athletes. *Orthop. J. Sports Med.* 10:23259671221123588.
- Torstveit, M.K., K. Ackerman, and N. Constantini (2023). Prevention and treatment of REDs - a narrative review by a sub-group of the IOC consensus on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *Br. J. Sports Med.* In press.
- Townsend, R., K.J. Elliott-Sale, K. Currell, J. Tang, W.D. Fraser, and C. Sale (2017). The effect of postexercise carbohydrate and protein ingestion on bone metabolism. *Med. Sci. Sports Exerc.* 49:1209-1218.
- Warren, M.P., J. Brooks-Gunn, R.P. Fox, C.C. Holderness, E.P. Hyle, and W.G. Hamilton (2002). Osteopenia in exercise-associated amenorrhea using ballet dancers as a model: A longitudinal study. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 87:3162-3168.
- Wherry, S.J., C.M. Swanson, and W.M. Kohrt (2022). Acute catabolic bone metabolism response to exercise in young and older adults: A narrative review. *Exp. Gerontol.* 157:111633.
- Williams, N.I., H.J. Leidy, B.R. Hill, J.L. Lieberman, R.S. Legro, and M.J. De Souza (2015). Magnitude of daily energy deficit predicts frequency but not severity of menstrual disturbances associated with exercise and caloric restriction. *Am. J. Physiol.* 308:E29-E39.
- Yeager, K.K., R. Agostini, A. Nattiv, and B. Drinkwater (1993). The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:775-777.