

**Suplementação de vitamina D e
cálcio na saúde óssea: implicações na
prevenção de fraturas de stress em
atletas e indivíduos fisicamente ativos
- uma revisão temática**

Vitamin D and Calcium

***Supplementation in Bone Health:
Implications for the Prevention of Stress
Fractures in Athletes and Physically
Active Individuals - A Thematic Review***

Jessica Maria de Sousa Cunha

ORIENTADO POR: Prof. Doutor Nuno Pedro Garcia Fernandes Bento Borges

REVISÃO TEMÁTICA

I.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

TC

PORTO, 2026



Resumo

As fraturas de stress constituem uma lesão frequente em atletas e indivíduos fisicamente ativos, podendo comprometer o desempenho desportivo e conduzir à redução ou interrupção do treino. A vitamina D e o cálcio têm sido amplamente estudados pelo seu papel na saúde óssea e potencial prevenção destas lesões. O objetivo desta revisão temática foi avaliar o efeito da suplementação de vitamina D e cálcio na saúde óssea e prevenção de fraturas de stress em atletas e indivíduos fisicamente ativos. Para tal, foi realizada uma revisão temática da literatura, integrando, no total, estudos publicados entre 1992 e 2026 relacionados com vitamina D, cálcio, saúde óssea e fraturas de stress na população em estudo.

Em geral, os estudos analisados demonstraram uma associação consistente entre baixos níveis séricos de vitamina D, ingestão inadequada de cálcio e maior risco de fraturas de stress. Os resultados sugerem ainda que a suplementação combinada poderá contribuir para reduzir a incidência destas lesões e melhorar alguns indicadores de saúde óssea, particularmente em indivíduos com défice nutricional ou outros fatores de risco associados. Paralelamente, fatores como baixa disponibilidade energética, *Relative Energy Deficiency in Sport* (RED-S) e alterações menstruais parecem desempenhar um papel importante na suscetibilidade a lesões ósseas por stress.

A evidência analisada reforça a importância da vitamina D e do cálcio na manutenção da saúde óssea e sugere um potencial benefício da suplementação combinada na prevenção de fraturas de stress. Futuros estudos, particularmente em diferentes populações atléticas e contextos desportivos, poderão contribuir

para consolidar a evidência disponível e apoiar o desenvolvimento de recomendações mais específicas.

Palavras-Chave: Vitamina D; Cálcio; Fraturas de stress; Densidade mineral óssea; Atletas

Abstract

Stress fractures are a common injury among athletes and physically active individuals and can compromise athletic performance and lead to a reduction or interruption in training. Vitamin D and calcium have been extensively studied for their role in bone health and their potential to prevent these injuries. The objective of this thematic literature review was to evaluate the effect of vitamin D and calcium supplementation on bone health and the prevention of stress fractures in athletes and physically active individuals. To address this objective, a thematic literature review was conducted based on searches of the PubMed and Scopus databases, ultimately including relevant studies published between 1992 and 2026 related to vitamin D, calcium, bone health, and stress fractures in the study population.

In general, the analysed studies demonstrated a consistent association between low serum vitamin D levels, inadequate calcium intake, and an increased risk of stress fractures. The results also suggest that combined supplementation may help reduce the incidence of these injuries and improve certain indicators of bone health, particularly in individuals with nutritional deficiencies or other associated risk factors. Additionally, factors such as low energy availability, Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S), and menstrual dysfunction appear to play an important role in susceptibility to stress-related bone injuries.

Overall, the available evidence underscores the importance of vitamin D and calcium in maintaining bone health and suggests a potential benefit of combined supplementation in preventing stress fractures. Future studies, particularly in different athletic populations and sports contexts, may help consolidate the

available evidence and support the development of more specific recommendations.

Keywords: Vitamin D; Calcium; Stress fractures; Bone density; Athletes

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

BSI - *Bone Stress Injury*

DMO - Densidade Mineral Óssea

IMC - Índice de Massa Corporal

mg - miligramas

ng/mL - nanogramas por mililitro

nmol/L - nanomoles por litro

PTH - Hormona Paratiroideia

RED-S - *Relative Energy Deficiency in Sport*

UI - Unidades Internacionais

vBMD - Densidade Mineral Óssea Volumétrica

VDR - *Vitamin D Receptor*

25(OH)D - 25-hidroxivitamina D

Sumário

Resumo	i
Abstract	iii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	v
Sumário	vi
Introdução.....	1
Metodologia.....	2
Fraturas de stress: definição, epidemiologia, fatores de risco e remodelação óssea	3
RED-S e saúde óssea	5
Vitamina D e saúde óssea	6
Cálcio e saúde óssea.....	7
Suplementação combinada de vitamina D e cálcio	8
Controvérsias e limitações.....	10
Análise crítica	14
Conclusões	15
Referências	16
Agradecimentos	18
Declaração de Utilização de IA Generativa	19
Parecer do orientador do Trabalho Complementar	20

Introdução

As fraturas de stress constituem uma das lesões de sobrecarga mais frequentes em atletas e indivíduos fisicamente ativos, resultando da acumulação progressiva de microdanos ósseos quando os mecanismos de adaptação e reparação não conseguem responder adequadamente às exigências do treino.^(1, 2)

Para além da dor e limitação funcional, estas lesões podem comprometer o desempenho desportivo, conduzindo frequentemente à redução ou interrupção do treino.⁽³⁾ Entre os fatores potencialmente modificáveis associados ao risco destas lesões, a nutrição assume particular relevância, especialmente através do seu papel na manutenção da saúde óssea. A vitamina D e o cálcio assumem particular relevância na saúde óssea e têm sido amplamente estudados como potenciais estratégias para a prevenção de fraturas de stress, particularmente em populações submetidas a elevada carga mecânica.^(4, 5) Contudo, a evidência disponível permanece heterogénea, persistindo dúvidas relativamente à eficácia dos diferentes protocolos de suplementação.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da suplementação de vitamina D e cálcio na saúde óssea e na prevenção de fraturas de stress em atletas e indivíduos fisicamente ativos. Para tal, pretende-se analisar o papel destes nutrientes na saúde óssea, avaliar a evidência científica relativa à sua suplementação na prevenção de fraturas de stress, explorar a relação entre biomarcadores ósseos e risco de fratura e discutir as principais implicações práticas no contexto da nutrição desportiva.

Metodologia

Esta revisão temática da literatura foi orientada pela seguinte questão: “Qual é a eficácia da suplementação combinada de vitamina D e cálcio, comparada com suplementação isolada ou placebo, na redução da incidência de fraturas de stress e na melhoria dos indicadores de saúde óssea em atletas e indivíduos fisicamente ativos?”.

A pesquisa foi estruturada segundo o modelo PICO, considerando atletas e indivíduos fisicamente ativos, suplementação combinada de vitamina D e cálcio, suplementação isolada, placebo ou ausência de intervenção, e *outcomes* relacionados com fraturas de stress, níveis séricos de 25-hidroxivitamina D (25(OH)D) e Densidade Mineral Óssea (DMO).

A pesquisa foi realizada nas bases de dados *PubMed* e *Scopus*, entre março e maio de 2026, utilizando descritores relacionados com vitamina D, cálcio, fraturas de stress, saúde óssea e atividade física, combinados através dos operadores booleanos (“AND” e “OR”). Na base de dados *PubMed* foram utilizadas as expressões de pesquisa: (“Vitamin D” OR “Vitamin D3”) AND Calcium AND (“Stress Fracture” OR “Bone Stress Injury”), (“Vitamin D” OR “Vitamin D3”) AND (“Stress Fracture” OR “Bone Stress Injury”), (“Calcium” AND “Stress Fracture”) OR (“Calcium Supplementation Bone Stress”), (“Vitamin D” AND “Calcium” AND “Bone Mineral Density”) AND (“Athlete” OR “Athletes” OR “Military” OR “Physically Active”). Na base de dados *Scopus* foi utilizada a expressão (“Vitamin D” OR “Vitamin D3”) AND Calcium AND (“Stress Fracture” OR “Bone Stress Injury”) AND (Athlete OR Athletes OR Military OR “Physically Active”). Foram incluídos ensaios clínicos, estudos de intervenção, artigos de revisão, revisões sistemáticas e meta-análises publicados

em inglês ou português entre 2010 e 2026, realizados em atletas e/ou indivíduos fisicamente ativos. Foram excluídos estudos realizados em populações sedentárias ou não ativas, sendo os estudos sobre fraturas traumáticas agudas ou suplementação isolada utilizados para enquadramento teórico. Adicionalmente, foram consideradas referências relevantes identificadas nos artigos previamente selecionados para complementar a pesquisa inicial. A pesquisa permitiu identificar 178 potenciais estudos. Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão e leitura dos títulos e resumos, obteve-se uma amostra final de 28 artigos, com gestão bibliográfica efetuada no software *EndNote 20*.

Fraturas de stress: definição, epidemiologia, fatores de risco e remodelação óssea

As fraturas de stress correspondem a lesões de sobrecarga resultantes da aplicação repetitiva de stress mecânico sobre o osso, levando à acumulação progressiva de microdanos quando os mecanismos de remodelação óssea não conseguem responder adequadamente à carga imposta.^(1, 2, 6) Estas lesões integram um contínuo fisiopatológico que varia desde respostas adaptativas normais do osso ao exercício físico até ao desenvolvimento de uma fratura completa, podendo manifestar-se inicialmente sob a forma de *stress reaction*.⁽⁷⁾ As fraturas de stress distinguem-se das *insufficiency fractures* por ocorrerem em osso saudável sujeito a carga repetitiva excessiva, enquanto estas surgem em osso fragilizado ou patologicamente alterado, mesmo perante cargas fisiológicas ou trauma mínimo.^(6, 7)

As fraturas de stress representam uma das lesões de sobrecarga mais frequentes em atletas e populações militares, podendo corresponder até 20% das lesões observadas em clínicas de medicina desportiva.^(3, 7) A incidência é particularmente elevada durante o treino militar inicial, tendo sido reportados 19 casos por 1000 militares do sexo masculino e 80 casos por 1000 militares do sexo feminino, devido à elevada carga física imposta durante o treino.^(7, 8) No contexto desportivo, estas lesões são mais frequentes em modalidades de endurance e desportos de impacto repetitivo, como corrida, atletismo e corta-mato.^(3, 8, 9)

O desenvolvimento destas lesões é multifatorial, destacando-se como principais fatores de risco o sexo feminino, alterações biomecânicas, aumentos súbitos da carga de treino, baixo índice de massa corporal (IMC) e menor aptidão física inicial.^(3, 7, 8, 10) Adicionalmente, fatores nutricionais, nomeadamente uma ingestão inadequada de cálcio e vitamina D tem sido associada a um maior risco de lesão, sendo frequente em atletas com história prévia de fratura de stress.^(3, 9-11)

A fisiopatologia das fraturas de stress encontra-se intimamente relacionada com a remodelação óssea, processo que resulta do equilíbrio entre reabsorção óssea, mediada pelos osteoclastos, e formação óssea, realizada pelos osteoblastos, sendo os osteócitos responsáveis pela deteção dos estímulos mecânicos e regulação da adaptação estrutural do osso.^(12, 13) A adaptação do tecido ósseo às cargas mecânicas ocorre através da mecanotransdução, que converte estímulos mecânicos em sinais celulares capazes de modular a remodelação óssea. De acordo com a Lei de Wolff, o osso adapta-se progressivamente às cargas a que é submetido, aumentando a sua resistência quando exposto a estímulos mecânicos adequados.^(1, 13) Pelo contrário, ausência de carga mecânica, desequilíbrios no

turnover ósseo ou recuperação insuficiente podem comprometer a capacidade adaptativa do tecido ósseo e favorecer a acumulação de microdanos.^(5, 7, 13)

A Densidade Mineral Óssea (DMO), um dos principais indicadores da saúde óssea, reflete alterações da remodelação óssea.⁽¹²⁾ Modalidades com suporte de peso e impacto parecem estimular maior formação óssea, enquanto baixa disponibilidade energética, alterações hormonais e ingestão inadequada de cálcio e vitamina D associam-se a menor DMO e maior vulnerabilidade óssea; atletas com fraturas de stress apresentam frequentemente menor DMO e níveis reduzidos de 25-hidroxivitamina D (25(OH)D).^(2, 10, 13)

RED-S e saúde óssea

O conceito de *Relative Energy Deficiency in Sport* (RED-S) surgiu como uma evolução da tríade da atleta feminina, refletindo de forma mais abrangente o impacto da baixa disponibilidade energética em atletas de ambos os sexos.⁽¹³⁾ Enquanto a tríade se centra na relação entre baixa disponibilidade energética, alterações menstruais e diminuição da DMO, o RED-S passou a incluir alterações metabólicas, hormonais, imunológicas e músculo-esqueléticas associadas ao défice energético prolongado, mantendo a baixa disponibilidade energética como principal mecanismo fisiopatológico.^(3, 10) A sua persistência associa-se a alterações hormonais desfavoráveis à remodelação, formação e reabsorção ósseas, comprometendo a saúde deste tecido.^(9, 13) Como consequência, verificam-se diminuição da DMO, alterações da remodelação óssea e deterioração progressiva da microarquitetura óssea.^(10, 14)

Segundo von Brackel *et al.* (2025), atletas com RED-S apresentavam redução de marcadores de formação e aumento de marcadores de reabsorção óssea, sugerindo predomínio da atividade osteoclástica.⁽¹⁴⁾ Goolsby e Boniquit (2017) referem que atletas com amenorreia apresentam risco 2 a 4 vezes superior de desenvolver fraturas de stress comparativamente a atletas eumenorreicas.⁽¹³⁾ Tenforde *et al.* (2024) observaram maior prevalência de baixa disponibilidade energética, alterações menstruais e menor DMO em atletas com história de *bone stress injuries* (BSI) de alto risco.⁽¹⁰⁾ Em conjunto, estes resultados sugerem que a combinação entre déficit energético, alterações hormonais e elevada carga mecânica compromete a capacidade adaptativa do tecido ósseo, aumentando a vulnerabilidade a lesões ósseas por stress.^(10, 14)

Vitamina D e saúde óssea

A vitamina D desempenha um papel central na saúde óssea, através da regulação da absorção intestinal de cálcio e homeostase cálcica.⁽¹²⁾ O calcitriol, forma biologicamente ativa da vitamina D, atua através da ligação ao recetor da vitamina D (VDR), expresso em tecidos como intestino, rim, e tecido ósseo.⁽¹⁵⁾ Entre as suas principais funções destaca-se a promoção da absorção intestinal de cálcio e fósforo, aumentando a biodisponibilidade destes minerais para mineralização óssea.⁽¹⁶⁾

A concentração sérica de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], principal marcador do estado da vitamina D, tem evidenciado elevada prevalência de insuficiência desta vitamina em atletas, particularmente durante o inverno e em modalidades *indoor*.^(12, 13, 17) Níveis reduzidos de 25(OH)D têm sido associados a menor DMO, aumento compensatório da hormona paratiroideia (PTH) e maior suscetibilidade a

lesões ósseas por stress.^(2, 4, 16, 18) Diversos estudos associaram baixos níveis séricos de 25(OH)D a maior incidência de fraturas de stress, incluindo Ruohola *et al.*, citados por Lappe *et al.*, que identificaram concentrações inferiores a 75,8 nmol/L como fator de risco significativo em recrutas militares masculinos.^(5, 19) Moreira e Bilezikian (2017) associaram concentrações reduzidas de vitamina D a maior incidência destas lesões em populações fisicamente ativas.⁽²⁾ Dao *et al.* (2015), observaram níveis séricos médios significativamente inferiores em indivíduos com fraturas de stress comparativamente aos controlos.⁽¹⁸⁾ Adicionalmente, Gaffney-Stomberg *et al.* (2014; 2019) observaram ainda aumentos das concentrações circulantes de vitamina D durante o treino militar após suplementação.^(20, 21)

Cálcio e saúde óssea

O cálcio constitui um dos principais componentes da matriz mineral óssea, sendo essencial para a mineralização, remodelação e adaptação do tecido ósseo ao exercício físico.^(2, 20) A sua homeostase resulta da interação entre vitamina D, PTH, intestino, rim e tecido ósseo.⁽¹⁷⁾

Em situações de défice de cálcio ou vitamina D, verifica-se um aumento compensatório da PTH, promovendo maior reabsorção óssea, e, quando prolongado, aumento do *turnover* ósseo, perda de massa óssea e comprometimento da resistência esquelética.^(5, 15, 20, 22) A ingestão adequada de cálcio tem sido frequentemente associada à manutenção da saúde óssea e à prevenção de fraturas de stress, particularmente em atletas e populações militares submetidas a elevada carga mecânica.^(5, 23) Diversos estudos observaram que ingestões reduzidas de cálcio parecem associar-se a um maior risco destas

lesões. Moran *et al.* verificaram igualmente que recrutas militares que desenvolveram fraturas de stress apresentavam ingestões inferiores de cálcio e vitamina D quando comparados com os restantes recrutas.⁽¹¹⁾ Lappe *et al.* verificaram que as recrutas da Marinha apresentavam ingestão média de cálcio de aproximadamente 300 mg/dia, valor bastante inferior às recomendações para mulheres jovens.⁽⁵⁾ De forma semelhante, Tenforde *et al.* (2010) referem que mulheres com ingestão inferior a 800 mg/dia apresentavam incidência de fraturas de stress quase seis vezes superior às que consumiam mais de 1500 mg/dia.⁽²³⁾ O maior consumo de produtos lácteos e leite esteve associado a menor incidência destas lesões.^(2, 23) No entanto, os resultados relativos à suplementação isolada de cálcio apresentam-se heterogéneos. Schwellnus e Jordaan, citados por Lappe *et al.*, não observaram redução significativa da incidência de fraturas de stress com suplementação de 500 mg/dia em recrutas militares masculinos.^(5, 24) Em contraste, Tenforde *et al.* (2010) e Knechtle *et al.* (2022) associam ingestões entre 1500 e 2000 mg/dia a menor risco de desenvolvimento destas lesões.^(4, 23)

Suplementação combinada de vitamina D e cálcio

A suplementação combinada de vitamina D e cálcio tem sido uma das estratégias nutricionais mais estudadas na prevenção de fraturas de stress, particularmente em populações submetidas a elevada carga mecânica, como recrutas militares e atletas.^(2, 5) O racional fisiológico desta intervenção baseia-se no papel complementar destes nutrientes na manutenção da homeostase cálcica, mineralização óssea e adaptação do tecido ósseo ao exercício físico intenso.^(4, 20)

De forma consistente, a literatura sugere que défices e ingestão inadequada de cálcio se associam a maior risco de fraturas de stress, particularmente em atletas

e populações militares, enquanto níveis adequados destes nutrientes parecem favorecer a remodelação óssea, otimizar a adaptação ao treino e reduzir a incidência destas lesões.^(5, 18, 20, 25)

O estudo mais frequentemente referido nesta área corresponde ao ensaio clínico aleatorizado, duplamente cego e controlado por placebo conduzido por Lappe *et al.*, realizado em 5201 recrutas femininas da Marinha dos Estados Unidos. As participantes foram distribuídas aleatoriamente pelos grupos para receber 2000 mg de cálcio e 800 UI de vitamina D por dia ou placebo durante o treino militar básico de oito semanas.⁽⁵⁾ Os autores observaram uma redução significativa de aproximadamente 20% na incidência de fraturas de stress no grupo suplementado comparativamente ao grupo de controlo, em que 5,3% e 6,6% correspondem à incidência cumulativa de recrutas com pelo menos uma fratura de stress durante as 8 semanas de treino, nos grupos suplementados e placebo, respetivamente. Os autores referem ainda que esta intervenção poderia ter evitado cerca de 187 casos de fraturas de stress na coorte total estudada, traduzindo-se potencialmente em redução da morbilidade e dos custos associados ao treino militar.^(5, 23)

Dao *et al.* referem que a suplementação com vitamina D e cálcio reduziu significativamente o risco de fraturas de stress em recrutas militares femininas, enquanto Knechtle *et al.* destacam que concentrações séricas mais elevadas de 25(OH)D parecem associar-se a menor risco de fraturas de stress, o que poderá traduzir-se numa melhor adaptação óssea ao treino físico intenso.^(4, 18) Estes resultados foram posteriormente reforçados por Sivakumar *et al.* (2019), numa revisão sistemática de ensaios clínicos aleatorizados realizados em contexto militar.⁽²⁶⁾ Os autores referem ainda que os benefícios observados foram mais

consistentes com a suplementação combinada do que com a vitamina D isolada, cujo principal efeito parece verificar-se ao nível do aumento das concentrações séricas de 25(OH)D. (2, 4, 18, 26)

Os mecanismos fisiológicos subjacentes parecem relacionar-se com a elevada exigência metabólica induzida pelo treino físico intenso. A carga mecânica repetitiva aumenta simultaneamente os processos de modelação e remodelação óssea, conduzindo a maior *turnover* ósseo e aumento das necessidades de cálcio.⁽²⁰⁾ Paralelamente, podem ocorrer perdas cutâneas substanciais de cálcio durante o exercício, comprometendo a disponibilidade deste mineral para a reparação do microdano ósseo.⁽⁵⁾ Neste contexto, a vitamina D assume papel central na absorção intestinal de cálcio e na manutenção da homeostase cálcica, contribuindo para a otimização da adaptação óssea ao treino.^(4, 23)

Para além da redução da incidência de fraturas de stress, alguns estudos demonstraram efeitos positivos em indicadores de saúde óssea. Gaffney-Stomberg *et al.* (2014) observaram melhorias em parâmetros de densidade mineral óssea volumétrica (vBMD), particularmente ao nível trabecular e cortical da tíbia, bem como atenuação do aumento da PTH induzido pelo treino militar. De forma semelhante, Lappe *et al.* observaram aumento do conteúdo mineral ósseo corporal total e dos membros inferiores após suplementação, sugerindo benefício na adaptação óssea à carga mecânica.^(5, 20)

Controvérsias e limitações

Apesar dos resultados promissores observados em alguns estudos, a evidência relativa ao papel da vitamina D e do cálcio na prevenção de fraturas de stress permanece heterogénea. A literatura disponível apresenta diferenças importantes

entre populações estudadas, doses utilizadas, duração das intervenções, métodos de avaliação e *outcomes* avaliados, dificultando a comparação direta dos resultados e a definição de recomendações padronizadas.^(2, 17, 18, 23)

Estudos de Gaffney-Stomberg *et al.* (2019; 2022), utilizando doses inferiores de cálcio ou diferentes protocolos de suplementação, não observaram alterações significativas em vários parâmetros de microarquitetura ou da DMO, apesar de se terem verificado melhorias em alguns marcadores bioquímicos de remodelação óssea.^(21, 27) Os autores sugerem que diferenças nas doses utilizadas, duração da intervenção, estação do ano, estado basal de vitamina D e características das populações estudadas poderão justificar parte desta variabilidade. Adicionalmente, não existe consenso relativamente aos valores séricos ideais de 25(OH)D nem às doses ótimas de suplementação, tendo diferentes estudos utilizado *cut-offs* e protocolos distintos.^(4, 22) Embora concentrações inferiores a 20 ng/mL tenham sido associadas a uma maior incidência de fraturas de stress, permanece alguma controvérsia relativamente ao valor considerado ideal para a sua prevenção. Enquanto alguns autores sugerem que concentrações superiores a 40 ng/mL poderão associar-se a menor risco de fraturas de stress, outros consideram níveis acima de 30 ng/mL suficientes para otimizar a saúde óssea.^(2, 4, 27)

De igual modo, as doses e protocolos de suplementação utilizados diferem consideravelmente entre estudos. Enquanto alguns trabalhos utilizaram 2000 mg/dia de cálcio e 800-1000 UI/dia de vitamina D, outros recorreram a doses inferiores, nomeadamente 1000 mg/dia de cálcio, podendo estas diferenças influenciar os resultados observados.⁽²⁷⁾ Alguns autores sugerem inclusivamente

que doses superiores de vitamina D poderão ser necessárias para otimizar os níveis séricos de 25(OH)D em determinados indivíduos, especialmente considerando fatores como estação do ano, exposição solar e raça.^(21, 22)

Embora existam estudos realizados em atletas, uma parte significativa da evidência disponível continua a provir de populações militares, particularmente recrutas submetidos a treino físico intenso, o que poderá limitar a extrapolação direta dos resultados para diferentes contextos desportivos.^(18, 27) Nye *et al.* (2026) salientam precisamente que os resultados obtidos em populações militares não devem ser extrapolados de forma direta para atletas recreativos ou outras populações fisicamente ativas, reforçando a necessidade de investigação específica em diferentes contextos desportivos.⁽²⁸⁾

Além disso, algumas amostras apresentam reduzida representatividade em termos de sexo, etnia e idade, limitando a generalização dos resultados para outras populações fisicamente ativas.^(18, 23) Os resultados inconsistentes observados na literatura constituem igualmente uma limitação relevante. Apesar de vários estudos associarem níveis reduzidos de vitamina D a maior risco de fraturas de stress, nem todos demonstraram diferenças significativas entre indivíduos com e sem fraturas.^(2, 18) Da mesma forma, alguns estudos observaram benefícios da suplementação nos biomarcadores de remodelação óssea ou em determinados parâmetros de DMO, enquanto outros não identificaram alterações significativas nos parâmetros estruturais avaliados.^(21, 27)

Importa ainda referir que a etiologia das fraturas de stress é multifatorial, envolvendo fatores nutricionais, carga mecânica, disponibilidade energética, composição corporal, DMO, historial menstrual, genética, aptidão física e

características do treino.^(2, 18) Assim, a suplementação feita de forma isolada poderá não ser suficiente para prevenir estas lesões na ausência de uma abordagem integrada dos restantes fatores de risco.

Para além disso, Lappe *et al.* reportaram uma taxa de abandono de aproximadamente 20% durante o ensaio clínico realizado em recrutas femininas, enquanto outros estudos não calcularam prospetivamente o tamanho amostral ou apresentaram possíveis fatores de confundimento não controlados.^(5, 18) Acresce ainda que alguns estudos não avaliaram diretamente os níveis séricos de 25(OH)D no momento da ocorrência da fratura, dificultando a interpretação da relação entre suplementação, estado de vitamina D e risco de fraturas de stress.⁽⁵⁾

Assim, apesar da evidência atual sugerir potencial benefício da vitamina D e do cálcio na saúde óssea e na prevenção de fraturas de stress, permanecem necessárias investigações prospetivas, realizadas em diferentes populações atléticas, que permitam definir valores séricos ótimos de 25(OH)D e protocolos de suplementação mais consistentes e individualizados.

Apesar destas limitações, a literatura atual sugere que assegurar ingestão adequada de cálcio e vitamina D poderá constituir uma estratégia relevante na promoção da saúde óssea e na prevenção de fraturas de stress em populações fisicamente ativas submetidas a elevada carga mecânica, particularmente em indivíduos com ingestão inadequada, baixos níveis séricos de vitamina D ou outros fatores de risco associados.

Análise crítica

A evidência analisada sugere que a vitamina D e o cálcio desempenham um papel relevante na saúde óssea, sendo a suplementação combinada associada a uma redução do risco de fraturas de stress em pessoas fisicamente ativas. Contudo, a robustez da evidência disponível continua condicionada pela predominância de estudos realizados em contexto militar e pela variabilidade dos protocolos de suplementação, doses utilizadas e critérios de avaliação, o que dificulta a comparação entre estudos e a definição de recomendações uniformes e limita a generalização dos resultados para diferentes populações atléticas. Os resultados sugerem que os benefícios da suplementação poderão ser mais relevantes em indivíduos com défice de vitamina D, ingestão inadequada de cálcio ou outros fatores de risco para comprometimento da saúde óssea. Por outro lado, a natureza multifatorial das fraturas de stress indica que a suplementação, por si só, poderá não ser suficiente para prevenir estas lesões sem uma adequada gestão da carga de treino, disponibilidade energética e restantes fatores associados. Neste sentido, Nye *et al.* (2026) defendem que a prevenção destas lesões deve assentar numa abordagem integrada, contemplando simultaneamente o estado nutricional, a disponibilidade energética, o estado hormonal, a carga mecânica e outros fatores clínicos.⁽²⁸⁾ Para além da avaliação da ingestão alimentar, Nye *et al.* (2026) recomendam que atletas com BSI sejam submetidos a uma avaliação metabólica, incluindo a determinação da concentração sérica de 25(OH)D, bem como outros marcadores relevantes para a saúde óssea.⁽²⁸⁾ Desta forma, a suplementação de vitamina D e cálcio deverá ser encarada como uma ferramenta potencialmente útil dentro de uma estratégia nutricional mais abrangente, orientada para a

otimização da saúde óssea e redução do risco de lesão em atletas e indivíduos fisicamente ativos.

Conclusões

A vitamina D e o cálcio desempenham um papel fundamental na manutenção da saúde óssea, influenciando a mineralização óssea, a DMO e a capacidade de adaptação do tecido ósseo às exigências mecânicas do exercício físico. A evidência analisada demonstra uma associação consistente entre baixos níveis de vitamina D, ingestão inadequada de cálcio e maior risco de fraturas de stress. Os estudos incluídos sugerem que a suplementação combinada de vitamina D e cálcio poderá contribuir para a redução da incidência de fraturas de stress e melhoria de indicadores de saúde óssea, sugerindo potencial benefício adicional relativamente à suplementação isolada destes nutrientes. Os biomarcadores ósseos, particularmente a concentração sérica de 25(OH)D e a DMO, assumem relevância na avaliação da saúde óssea e monitorização do risco de fratura de stress. Em contexto de nutrição desportiva, a avaliação do estado nutricional, da ingestão de cálcio, dos níveis séricos de vitamina D e de outros fatores de risco relacionados com a saúde óssea poderá constituir uma estratégia importante para a prevenção de fraturas de stress e promoção da saúde dos atletas e indivíduos fisicamente ativos. Apesar dos resultados promissores observados, continuam a ser necessários estudos adicionais realizados especificamente em atletas, que permitam reforçar a evidência disponível e contribuir para a definição de recomendações mais consistentes relativamente à suplementação de vitamina D e cálcio.

Referências

1. da Rocha Lemos Costa TM, Borba VZC, Correa RGP, Moreira CA. Stress fractures. *Arch Endocrinol Metab.* 2022; 66(5):765-73.
2. Moreira CA, Bilezikian JP. Stress fractures: Concepts and therapeutics [Review]. *J Clin Endocrinol Metab.* 2017; 102(2):525-34.
3. Chen YT, Tenforde AS, Fredericson M. Update on stress fractures in female athletes: Epidemiology, treatment, and prevention [Article]. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2013; 6(2):173-81.
4. Knechtle B, Jastrzębski Z, Hill L, Nikolaidis PT. Vitamin D and Stress Fractures in Sport: Preventive and Therapeutic Measures-A Narrative Review. *Medicina (Kaunas).* 2021; 57(3)
5. Lappe JM, Cullen D, Haynatzki G, Recker R, Ahlf R, Thompson K. Calcium and vitamin D supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits [Article]. *J Bone Miner Res.* 2008; 23(5):741-49.
6. Patel DS, Roth M, Kapil N. Stress fractures: Diagnosis, treatment, and prevention [Article]. *Am Fam Phys.* 2011; 83(1):39-46.
7. Knapik JJ, Reynolds K, Hoedebecke KL. Stress Fractures: Etiology, Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Prevention [Article]. *J Spec Oper Med.* 2016; 17(2):120-30.
8. Campbell PG, Pope R, Simas V, Canetti EFD, Schram B, Orr RM. Incidence and Risk Factors for the Development of Stress Fractures in Military Recruits and Qualified Personnel: A Systematic Review [Review]. *Int J Environ Res Public Health.* 2025; 22(11)
9. Griffin KL, Knight KB, Bass MA, Valliant MW. Predisposing Risk Factors for Stress Fractures in Collegiate Cross-Country Runners [Article]. *J Strength Cond Res.* 2021; 35(1):227-32.
10. Tenforde AS, Ackerman KE, Bouxsein ML, Gaudette L, McCall L, Rudolph SE, et al. Factors Associated With High-Risk and Low-Risk Bone Stress Injury in Female Runners: Implications for Risk Factor Stratification and Management [Article]. *Orthop J Sports Med.* 2024; 12(5)
11. Moran DS, Heled Y, Arbel Y, Israeli E, Finestone AS, Evans RK, et al. Dietary intake and stress fractures among elite male combat recruits [Article]. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012; 9
12. Christodoulou S, Goula T, Ververidis A, Drosos G. Vitamin D and bone disease. *Biomed Res Int.* 2013; 2013:396541.
13. Goolsby MA, Boniquit N. Bone Health in Athletes: The Role of Exercise, Nutrition, and Hormones [Article]. *Sports Health.* 2017; 9(2):108-17.
14. von Brackel F, Munzinger R, Bartosik M, Simon A, Barvencik F, Oheim R, et al. Impact of Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) on Bone Health in Elite Athletes: A Retrospective Analysis [Article]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2025; 16(5)
15. Erdmann J, Wiciński M, Szyperski P, Gajewska S, Ohla J, Słupski M. Vitamin D Supplementation and Its Impact on Different Types of Bone Fractures. *Nutrients.* 2022; 15(1)
16. Moran DS, McClung JP, Kohen T, Lieberman HR. Vitamin D and physical performance [Review]. *Sports Med.* 2013; 43(7):601-11.

17. Dominguez LJ, Veronese N, Ragusa FS, Baio SM, Sgrò F, Russo A, et al. The Importance of Vitamin D and Magnesium in Athletes. *Nutrients*. 2025; 17(10)
18. Dao D, Sodhi S, Tabasinejad R, Peterson D, Ayeni OR, Bhandari M, et al. Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels and Stress Fractures in Military Personnel: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2015; 43(8):2064-72.
19. Ruohola JP, Laaksi I, Ylikomi T, Haataja R, Mattila VM, Sahi T, et al. Association between serum 25(OH)D concentrations and bone stress fractures in Finnish young men. *J Bone Miner Res*. 2006; 21(9):1483-8.
20. Gaffney-Stomberg E, Lutz LJ, Rood JC, Cable SJ, Pasiakos SM, Young AJ, et al. Calcium and vitamin D supplementation maintains parathyroid hormone and improves bone density during initial military training: A randomized, double-blind, placebo controlled trial [Article]. *Bone*. 2014; 68:46-56.
21. Gaffney-Stomberg E, Nakayama AT, Guerriere KI, Lutz LJ, Walker LA, Staab JS, et al. Calcium and vitamin D supplementation and bone health in Marine recruits: Effect of season [Article]. *Bone*. 2019; 123:224-33.
22. Gaffney-Stomberg E, Lutz LJ, Shcherbina A, Ricke DO, Petrovick M, Cropper TL, et al. Association Between Single Gene Polymorphisms and Bone Biomarkers and Response to Calcium and Vitamin D Supplementation in Young Adults Undergoing Military Training. *J Bone Miner Res*. 2017; 32(3):498-507.
23. Tenforde AS, Sayres LC, Sainani KL, Fredericson M. Evaluating the relationship of calcium and vitamin D in the prevention of stress fracture injuries in the young athlete: A review of the literature [Review]. *PM and R*. 2010; 2(10):945-49.
24. Schwellnus MP, Jordaan G. Does calcium supplementation prevent bone stress injuries? A clinical trial. *Int J Sport Nutr*. 1992; 2(2):165-74.
25. Solhaug EM, Ødemark HN, Raastad T, Vikmoen O, Jonvik KL. Poor skeleton in the peloton: High prevalence of low bone mineral density and suboptimal vitamin D status in elite male cyclists [Article]. *Sci Sports*. 2026
26. Sivakumar G, Koziarz A, Farrokhyar F. Vitamin D Supplementation in Military Personnel: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials [Review]. *Sports Health*. 2019; 11(5):425-31.
27. Gaffney-Stomberg E, Hughes JM, Guerriere KI, Staab JS, Cable SJ, Bouxsein ML, et al. Once daily calcium (1000 mg) and vitamin D (1000 IU) supplementation during military training prevents increases in biochemical markers of bone resorption but does not affect tibial microarchitecture in Army recruits. *Bone*. 2022; 155:116269.
28. Nye NS, Kasper K, Hoang TD, Gee S, McClung JP, Crutchfield A, et al. Metabolic Workup for Bone Stress Injury: A Practical Approach for Evaluating Bone Health in Athletes [Article]. *Sports Health*. 2026; 18(3):521-33.

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha sincera gratidão a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, me acompanharam ao longo da realização deste trabalho e contribuíram para a conclusão desta etapa do meu percurso académico.

Ao Professor Doutor Nuno Borges, pela orientação, apoio e disponibilidade constantes ao longo da elaboração deste trabalho. Agradeço os comentários, sugestões e conselhos partilhados, bem como a prontidão com que se mostrou sempre disponível para esclarecer dúvidas e ajudar sempre que necessário.

À minha família, pelo apoio incondicional, incentivo e compreensão ao longo de todo este percurso, em especial à minha mãe e à minha avó. Obrigada por compreenderem o tempo que muitas vezes não vos consegui dedicar, sem nunca deixarem de me apoiar e incentivar.

Ao Miguel, pelo apoio, incentivo e compreensão demonstrados ao longo desta etapa. Obrigada por todos os momentos em que ficaste ao meu lado enquanto trabalhava, pela paciência e pela ajuda que me foste dando ao longo deste percurso.

Por fim, ao meu irmão Rafael, por estar sempre presente e por, à sua maneira, também ter feito parte deste percurso.

A todos, o meu sincero obrigada.

Declaração de Utilização de IA Generativa

Disclosure of Delegation to Generative AI

The authors declare the use of generative AI in the research and writing process. According to the GAIDeT taxonomy (2025), the following tasks were delegated to GAI tools under full human supervision:

- Proofreading and editing
- Summarizing text
- Reformatting

The GAI tool used was: ChatGPT-5.5.

Responsibility for the final manuscript lies entirely with the authors.

GAI tools are not listed as authors and do not bear responsibility for the final outcomes.

Declaration submitted by: Jessica Cunha



PARECER

Na qualidade de orientador do trabalho complementar de estágio da estudante Jéssica Maria de Sousa Cunha venho por este meio emitir o meu parecer acerca do referido trabalho, intitulado **“Suplementação de vitamina D e cálcio na saúde óssea: implicações na prevenção de fraturas de stress em atletas e indivíduos fisicamente ativos – uma revisão temática”**.

O tema escolhido pela Jéssica resulta da sua vivência enquanto estagiária no Departamento de Nutrição do Vitória Sport Clube, em Guimarães, onde teve a oportunidade de acompanhar atletas femininas de diversas modalidades desportivas em vários escalões etários.

Trata-se de uma revisão bibliográfica perfeitamente enquadrada nos objetivos de um trabalho deste tipo e desta fase do percurso académico. Acima de tudo, demonstra as capacidades de pesquisa e reflexão autónomas da estudante, resultando por isso num texto de agradável leitura e de indiscutível utilidade para aqueles que pretendem aprofundar o tema da suplementação em cálcio e vitamina D em atletas, sobretudo.

Durante todo este período, a Jéssica demonstrou qualidades de trabalho e de proatividade dignas de nota, assim como uma postura sempre impecável, antecipando por isso um futuro como Nutricionista que orgulhará esta Instituição que agora a acaba de formar.

FCNAUP, 30 de Junho de 2026,

Assinado por: **Nuno Pedro Garcia Fernandes**
Bento Borges
Data: 2026.06.30 17:06:29 +0100

Nuno Borges
Professor Associado
Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto

