

O PAPEL DA VITAMINA D NA REGULAÇÃO DA MATRIZ ÓSSEA E PREVENÇÃO DA OSTEOPOROSE EM MULHERES PÓS-MENOPAUSA

THE ROLE OF VITAMIN D IN BONE MATRIX REGULATION AND PREVENTION OF OSTEOPOROSIS IN POSTMENOPAUSAL WOMEN

Ana Laura de Almeida Souza Reis¹

Sthefany da Silva Moura²

Walquíria Malaquias de Paiva Pereira³

Doi: doi.org/10.53426/unicad-2026.v1n1.002

Recebido: 31 out. 2025

Revisado: 02 jan. 2026

Aprovado: 19 jan. 2026

Resumo

A vitamina D é um hormônio lipossolúvel fundamental para a manutenção da homeostase óssea e do metabolismo do cálcio e do fósforo, elementos indispensáveis à mineralização e à resistência do tecido ósseo. Sua deficiência está diretamente associada à redução da densidade mineral óssea, osteopenia e osteoporose, condições comuns em mulheres pós-menopausa devido à diminuição dos níveis de estrogênio. Este trabalho tem como objetivo revisar os mecanismos de ação da vitamina D, destacando sua interação com osteoblastos e osteoclastos e seu papel na remodelação óssea. Além disso, aborda a relevância da densitometria óssea como ferramenta diagnóstica precoce na detecção da osteoporose e a suplementação de vitamina D e cálcio como estratégias preventivas eficazes. A compreensão integrada desses fatores contribui para o desenvolvimento de medidas de promoção da saúde óssea feminina e para a redução do risco de fraturas relacionadas à deficiência de vitamina D.

Palavras-chave: vitamina D; matriz óssea; osteoporose; mulheres pós-menopausa; densitometria óssea.

Abstract

Vitamin D is a fat-soluble hormone essential for maintaining bone homeostasis and calcium and phosphorus metabolism, elements that are indispensable for bone mineralization and strength. Its deficiency is directly associated with reduced bone mineral density, osteopenia, and osteoporosis, conditions common in postmenopausal women due to decreased estrogen levels. This study aims to review the mechanisms of action of vitamin D, highlighting its interaction with osteoblasts and osteoclasts and its role in bone remodeling. In addition, it addresses the relevance of bone

¹ Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário UniÚnica/MG. E-mail: alaurareis3@gmail.com

² Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário UniÚnica/MG. E-mail: sthermourasilva.157@gmail.com

³ Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário UniÚnica/MG. E-mail: walquiria.paiva@educacao.mg.gov.br

densitometry as an early diagnostic tool in the detection of osteoporosis and vitamin D and calcium supplementation as effective preventive strategies. An integrated understanding of these factors contributes to the development of measures to promote women's bone health and reduce the risk of fractures related to vitamin D deficiency.

Keywords: vitamin D; bone matrix; osteoporosis; postmenopausal women; bone densitometry.

1 INTRODUÇÃO

A osteoporose é uma condição metabólica caracterizada pela perda progressiva da densidade mineral óssea e pela deterioração da microarquitetura da matriz óssea, aumentando o risco de fraturas e comprometendo a qualidade de vida, especialmente em mulheres pós-menopausa (LORENTZON et al, 2022; XIAO et al, 2022). A vitamina D desempenha papel central na regulação do metabolismo do cálcio e na homeostase óssea, modulando a atividade de osteoblastos e osteoclastos e favorecendo a mineralização adequada do tecido ósseo (CHRISTAKOS et al, 2020; RIZZOLI et al, 2021). A deficiência de vitamina D, frequentemente observada em populações femininas, está associada ao aumento da reabsorção óssea, osteopenia e osteoporose, evidenciando a importância da avaliação e suplementação adequadas (HOLICK, 2024; DE ANDRADE TAVARES, 2025).

A relevância deste estudo está na necessidade de promover estratégias de prevenção da osteoporose em mulheres pós-menopausa, integrando conhecimento científico sobre micronutrientes essenciais e políticas de saúde preventiva. Compreender a influência da vitamina D na matriz óssea é fundamental para orientar práticas clínicas, suplementação nutricional e programas de educação em saúde, contribuindo para a redução do risco de fraturas e para a melhoria da qualidade de vida da população feminina.

O objetivo geral deste artigo é analisar o papel da vitamina D na regulação da matriz óssea em mulheres pós-menopausa e discutir sua importância na prevenção da osteoporose. Os objetivos específicos incluem: (i) revisar a composição e a remodelação da matriz óssea; (ii) identificar os efeitos da deficiência de vitamina D na saúde óssea feminina; e (iii) destacar a importância da densitometria óssea e de estratégias preventivas, como suplementação e hábitos de vida, para a manutenção da saúde óssea.

Dessa forma, este estudo pretende contribuir com a comunidade científica, fornecendo subsídios para a prática clínica, prevenção de doenças ósseas e promoção da saúde da população feminina, além de evidenciar a relevância de medidas educativas e nutricionais que podem ser incorporadas em políticas públicas de saúde.

2 FORMAÇÃO E REMODELAÇÃO ÓSSEA

A formação óssea ocorre por meio de dois processos principais: ossificação intramembranosa e ossificação endocondral. A ossificação intramembranosa é responsável pela formação de ossos planos, como os do crânio, a partir de tecido mesenquimal, enquanto a ossificação endocondral envolve a substituição de cartilagem hialina por tecido ósseo, processo predominante na formação de ossos longos (BLUMER, 2021; JUDAS et al, 2012).

A manutenção da homeostase óssea depende do equilíbrio entre os diferentes tipos celulares do tecido ósseo. Os osteoblastos sintetizam a matriz óssea e promovem a mineralização; os osteoclastos são responsáveis pela reabsorção óssea, degradando a matriz mineralizada; e os osteócitos, originados dos osteoblastos aprisionados na matriz, atuam como sensores mecânicos e reguladores da remodelação óssea (KIM, 2022; FENG & MCDONALD, 2022).

O equilíbrio entre reabsorção e formação óssea é finamente regulado pelo sistema osteoprotegerina e ligante do receptor ativador de fator nuclear kappa-B (OPG/RANKL) que controla a ativação dos osteoclastos. A ligação de RANKL ao receptor RANK nos pré-osteoclastos promove sua diferenciação em osteoclastos ativos, enquanto a osteoprotegerina (OPG) atua como um inibidor competitivo, bloqueando essa interação e prevenindo a reabsorção excessiva (CHI et al, 2023). Além disso, hormônios como o paratormônio (PTH) e o estrogênio influenciam diretamente a remodelação óssea, modulando tanto a atividade osteoblástica quanto osteoclástica, o que é especialmente relevante na transição pós-menopausa, quando a queda de estrogênio aumenta a reabsorção óssea e favorece o desenvolvimento de osteoporose (GONÇALVES et al, 2020).

Dessa forma, a compreensão detalhada da formação e remodelação óssea é fundamental para entender os mecanismos fisiopatológicos que levam à perda de massa óssea e para orientar estratégias preventivas e terapêuticas, incluindo a

suplementação de vitamina D, cálcio e outras intervenções nutricionais e hormonais em mulheres pós-menopausa.

2.1 Vitamina D e Metabolismo Ósseo

A vitamina D é um hormônio lipossolúvel essencial para a homeostase do cálcio e fósforo, atuando de forma direta na mineralização óssea e na regulação da atividade de osteoblastos e osteoclastos (CHRISTAKOS et al., 2020). Sua síntese ocorre principalmente na pele por meio da exposição à radiação ultravioleta B (UVB), seguida de hidroxilação no fígado e nos rins, que gera a forma biologicamente ativa, o calcitriol (POP et al, 2022; BENEDIK, 2021). A radiação ultravioleta é uma forma de radiação eletromagnética situada entre os raios X e a luz visível no espectro eletromagnético, tendo o sol como principal fonte, sendo a radiação UVB caracterizada por comprimentos de onda entre 280 e 315 nanômetros (SOARES; DUARTE, 2025).

O calcitriol promove a absorção intestinal de cálcio e fósforo, elementos essenciais para a formação e manutenção da matriz óssea. Além disso, modula a expressão de proteínas reguladoras do remodelamento ósseo, como RANKL e OPG, influenciando o equilíbrio entre reabsorção e formação óssea (RIZZOLI et al, 2021). A deficiência de vitamina D reduz a absorção de cálcio, aumenta os níveis de PTH e intensifica a reabsorção óssea, resultando em perda progressiva da densidade mineral e maior risco de osteopenia e osteoporose (HOLICK, 2024; DE ANDRADE TAVARES, 2025).

Em mulheres pós-menopausa, a deficiência de vitamina D é ainda mais significativa devido à combinação com a queda de estrogênio, fator que amplifica a atividade osteoclástica e acelera a perda óssea (LORENTZON et al, 2022; XIAO et al, 2022). Estratégias preventivas incluem suplementação de vitamina D, ingestão adequada de cálcio e exposição solar controlada, além de monitoramento regular da densidade mineral óssea por densitometria (FLEET, 2022; PIRES et al, 2022).

Portanto, a vitamina D não apenas sustenta a mineralização óssea, mas também é crucial para a regulação fisiológica da remodelação da matriz óssea, sendo um componente central na prevenção da osteoporose e na promoção da saúde óssea em mulheres pós-menopausa.

2.2 Osteoporose na Mulher Pós-Menopausa

A osteoporose é uma condição caracterizada pela redução da densidade mineral óssea e deterioração da microarquitetura do tecido ósseo, aumentando o risco de fraturas, especialmente em mulheres pós-menopausa (XIAO et al, 2022). A queda nos níveis de estrogênio nesse período fisiológico resulta em desequilíbrio entre formação e reabsorção óssea, com predomínio da atividade osteoclástica, levando à perda acelerada de massa óssea (LORENTZON et al, 2022).

A deficiência de vitamina D é outro fator crítico que contribui para o desenvolvimento da osteoporose, ao reduzir a absorção intestinal de cálcio e aumentar a secreção de PTH, promovendo reabsorção óssea excessiva (CHRISTAKOS et al., 2020; HOLICK, 2024). Estudos indicam que a combinação da deficiência de estrogênio e vitamina D aumenta significativamente o risco de fraturas em mulheres pós-menopausa, especialmente em regiões como coluna vertebral, quadril e punho (VALENZUELA-MARTÍNEZ et al, 2023; DE ANDRADE TAVARES, 2025).

A avaliação da densidade mineral óssea por densitometria é essencial para o diagnóstico precoce e acompanhamento da osteoporose, permitindo a intervenção clínica antes do surgimento de fraturas (FLEET, 2022; PIRES et al, 2022). Estratégias preventivas incluem suplementação adequada de vitamina D e cálcio, prática de atividade física com impacto, dieta equilibrada e, quando indicado, terapia farmacológica específica. O benefício da atividade física com impacto se baseia em evidências de ensaios clínicos que demonstram, em mulheres na pós-menopausa, a melhoria significativa da DMO especialmente quando combinados exercícios de resistência e alta intensidade (XIAOYA et al). O estresse mecânico exerce influência direta no metabolismo ósseo ao regular a atividade de osteoclastos e osteoblastos, sendo que estímulos mecânicos aumentados favorecem a atividade osteoblástica e a formação óssea, destacando a estimulação mecânica como fator essencial para a remodelação e manutenção do tecido ósseo (LIU et al, 2022).

Portanto, compreender os fatores de risco, especialmente a deficiência de vitamina D e a redução hormonal pós-menopausa, é fundamental para implementar estratégias de prevenção e promoção da saúde óssea feminina, reduzindo a incidência de fraturas e melhorando a qualidade de vida (RIZZOLI et al, 2021; LORENTZON et al, 2022).

2.3 Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica descritiva, com foco na análise do papel da vitamina D na regulação da matriz óssea e na prevenção da osteoporose em mulheres pós-menopausa. A revisão teve como base artigos científicos, livros e publicações de periódicos indexados, publicados entre 2012 e 2025, selecionados em bases como PubMed, SciELO e Google Scholar, utilizando os descritores: “vitamina D”, “matriz óssea”, “osteoporose”, “mulheres pós-menopausa” e “densidade mineral óssea”.

A seleção dos estudos considerou critérios de inclusão como: (i) estudos que abordassem diretamente a relação entre vitamina D e metabolismo ósseo; (ii) artigos em língua portuguesa ou inglesa; (iii) trabalhos publicados em periódicos revisados por pares. Foram excluídos artigos que não apresentassem dados específicos sobre mulheres pós-menopausa ou que não incluíssem análise de densidade mineral óssea ou marcadores de remodelação óssea.

O levantamento bibliográfico foi realizado de forma sistemática, analisando os resultados, discussões e conclusões dos trabalhos selecionados, buscando identificar padrões de evidência sobre a suplementação de vitamina D, influência hormonal na remodelação óssea, mecanismos celulares e moleculares, e estratégias preventivas da osteoporose. As informações coletadas foram organizadas em tópicos, correlacionando os achados de diferentes autores para embasar a discussão crítica do tema.

Como se trata de uma revisão de literatura, não houve coleta de dados primários junto a pacientes, dispensando a submissão a Comitê de Ética em Pesquisa. O estudo buscou sintetizar o conhecimento atual sobre o tema, destacando lacunas e tendências, de modo a fornecer subsídios científicos para a prática clínica, prevenção de doenças ósseas e elaboração de políticas de saúde direcionadas à população feminina pós-menopausa.

2.4 Resultados e Discussão

A literatura incluída nesta revisão indica que a vitamina D exerce papel central na regulação da matriz óssea e na manutenção da densidade mineral óssea (DMO)

em mulheres pós-menopausa. Em síntese, a suficiência de vitamina D favorece a absorção intestinal de cálcio e fósforo e a mineralização da matriz, enquanto a insuficiência associa-se à redução de DMO, à deterioração microestrutural e ao aumento do risco de fraturas, sobretudo em coluna vertebral, quadril e punho (CHRISTAKOS et al, 2020; RIZZOLI et al, 2021; HOLICK, 2024; DE ANDRADE TAVARES, 2025). As principais características das fontes analisadas constam da Tabela 1.

Tabela 1: Características dos estudos incluídos (2012–2025)

Autor – Ano	População/ Foco	Intervenção/Exposição	Desfechos avaliados	Principais achados (síntese do desfecho)	Observações
Christakos et al., 2020	Metabolismo ósseo	Papel fisiológico da vitamina D	Mineralização/ DMO	Vitamina D aumenta absorção de Ca/P e favorece mineralização; base para preservação/ganho de DMO	Evidência de mecanismo
Rizzoli et al., 2021	Saúde óssea	Vitamina D ± cálcio e hábitos de vida	DMO, risco de fratura (síntese)	Sinergia entre vitamina D, cálcio, atividade física e exposição solar para manter DMO e reduzir risco	Recomendação prática
Holick, 2024	Pós-menopausa	Deficiência vs de suficiência vitamina D	DMO, fraturas (associação)	Deficiência associa-se a DMO menor e maior incidência de fraturas	Enfatiza rastreamento/adequação

Fonte: Autoras, 2025.

No plano mecanístico, a ação da vitamina D descrita por Christakos et al (2020) fornece a base fisiológica para os desfechos observados nos estudos clínicos. A vitamina D incrementa a disponibilidade de cálcio e fósforo para mineralização e modula proteínas do remodelamento, o que é compatível com a preservação de DMO relatada quando há suficiência vitamínica. Em paralelo, Rizzoli et al (2021) sustentam que essa ação é potencializada por medidas concomitantes de estilo de vida ingestão adequada de cálcio, exposição solar controlada e atividade física com impacto compondo um arranjo preventivo que se traduz em manutenção da massa óssea em contextos de risco.

Do ponto de vista clínico, a associação entre insuficiência de vitamina D e piores desfechos ósseos é recorrente. Em mulheres pós-menopausa, Holick (2024) e De Andrade Tavares (2025) descrevem a relação entre níveis reduzidos da vitamina, menor DMO e maior incidência de fraturas. Essa direção de efeito, ainda que heterogênea quanto à magnitude entre publicações, é consistente com a fisiologia do período pós-menopausa, no qual há queda do estrogênio e aceleração da reabsorção óssea. A convergência entre plausibilidade biológica e observações clínicas fortalece a interpretação de que a adequação de vitamina D integra o núcleo das estratégias de prevenção de osteoporose nesse grupo.

Em relação à intervenção, os estudos citados indicam benefício quando a suficiência é alcançada por suplementação, inclusive com desfechos clínicos. Lorentzon et al (2022) observaram menor taxa de perda da DMO em mulheres com níveis adequados de vitamina D ou submetidas à suplementação, em comparação àquelas com deficiência, evidenciando efeito positivo na preservação da densidade óssea, parâmetro fundamental para a resistência estrutural do osso e para a redução do risco de fraturas. Em linha semelhante, Xiao et al (2022) descrevem redução da ocorrência de fraturas vertebrais sob regimes de suplementação contínua, o que implica benefício em um desfecho clínico de maior relevância. Em ambos os casos, os efeitos descritos são coerentes com a base mecanística previamente apresentada e com o cenário fisiológico da pós-menopausa.

A interpretação integrada desses achados requer considerar o eixo OPG/RANKL e a interação com PTH e estrogênio. Chi et al (2023) e Gonçalves et al (2020) descrevem que a vitamina D influencia a expressão de RANKL/OPG, modulando a diferenciação e a atividade osteoclástica, além de interagir com a sinalização do PTH. Em mulheres pós-menopausa, a queda estrogênica aumenta a reabsorção; nesse contexto, a adequação de vitamina D atua como moduladora do equilíbrio formação–reabsorção, o que é compatível com os desfechos de preservação de DMO e redução de fraturas reportados em populações expostas a suplementação ou com níveis séricos adequados.

A densitometria por raios X de dupla energia (DEXA) ocupa lugar central como ferramenta de avaliação e seguimento dos riscos. Valenzuela-Martínez et al (2023), Fleet (2022) e Pires et al (2022) sustentam que a mensuração periódica da DMO permite identificar precocemente indivíduos com perda mineral clinicamente significativa, orientar decisões terapêuticas e antecipar intervenções com potencial de

evitar fraturas subsequentes. Em termos operacionais, o uso de DEXA fornece um marcador objetivo para monitorar o efeito de estratégias baseadas em vitamina D, dieta e exercício, viabilizando ajustes de conduta alinhados ao risco observado no tempo.

No escopo das estratégias combinadas, Rizzoli et al (2021) realçam a sinergia entre vitamina D e ingestão adequada de cálcio, associada à atividade física com impacto e à exposição solar controlada. A integração dessas medidas é consistente com a fisiologia do remodelamento e com a necessidade de suporte mineral para mineralização adequada. Na prática, a conjunção de fatores comportamentais e nutricionais cria condições para a manutenção da DMO e para a redução do risco de eventos osteoporóticos, especialmente quando implementada de modo contínuo e com adesão satisfatória (RIZZOLI et al, 2021; HOLICK, 2024).

Ao discutir subgrupos de maior vulnerabilidade, destaca-se o papel de contextos com menor exposição solar e dietas com aporte insuficiente de cálcio, nos quais a insuficiência de vitamina D tende a ser mais prevalente e os efeitos adversos sobre DMO e fraturas, mais aparentes. Nessas situações, as evidências citadas por Lorentzon et al (2022) e Xiao et al (2022) reforçam a pertinência da suplementação contínua como forma de alcançar suficiência e impactar positivamente os desfechos. Embora a magnitude absoluta do efeito varie entre estudos, a direção permanece favorável, o que respalda a recomendação de identificar e corrigir insuficiência em rotinas de cuidado.

A coerência entre níveis de evidência também é um ponto de apoio para a interpretação. A literatura de base mecanística (CHRISTAKOS et al, 2020; CHI et al, 2023) sustenta a plausibilidade biológica; as revisões orientadas à prática (RIZZOLI et al, 2021; HOLICK, 2024; DE ANDRADE TAVARES, 2025) conectam a fisiologia a recomendações clínicas; e os estudos com desfechos (LORENTZON et al, 2022; XIAO et al, 2022) demonstram benefícios em DMO e fraturas vertebrais em contextos de suficiência/suplementação. Esse encadeamento confere robustez à interpretação, mesmo sem quantificação do tamanho do efeito nesta revisão bibliográfica descritiva.

No que se refere à implementação clínica, a literatura analisada apoia um percurso assistencial simples: (i) avaliação do risco clínico e de fatores comportamentais; (ii) rastreamento e correção de insuficiência de vitamina D; (iii) reforço de ingestão adequada de cálcio e promoção de atividade física com impacto; (iv) monitoramento por DEXA em intervalos compatíveis com o risco individual

(VALENZUELA-MARTÍNEZ et al, 2023; FLEET, 2022; PIRES et al, 2022; RIZZOLI et al, 2021). Esse arranjo é de baixo risco, custo manejável e aplicável em cenários ambulatoriais, integrando-se a políticas de prevenção de osteoporose direcionadas à população feminina pós-menopausa.

Por fim, os resultados aqui discutidos reforçam a necessidade de estratégias preventivas combinadas. A manutenção de níveis adequados de vitamina D, a ingestão apropriada de cálcio, a atividade física com impacto e o seguimento por DEXA constituem um conjunto coerente com a fisiopatologia do remodelamento e com as evidências clínicas citadas (RIZZOLI et al, 2021; VALENZUELA-MARTÍNEZ et al, 2023). A integração desses componentes contribui para preservar DMO e reduzir fraturas em mulheres pós-menopausa, com base em uma relação custo-benefício favorável e em justificativa fisiológica e clínica alinhadas. As lacunas remanescentes como a variação de respostas conforme dose, duração e estado basal de 25-hidroxivitamina D, principal marcador sanguíneo do estado de vitamina D no organismo, apontam para a utilidade de estudos futuros com melhor padronização desses elementos, sem alterar as conclusões operacionais desta revisão.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão indica que a vitamina D desempenha papel relevante na regulação da matriz óssea, contribuindo para a manutenção da densidade mineral e para a prevenção da osteoporose em mulheres pós-menopausa. As fontes consultadas apontam que a insuficiência de vitamina D se associa à aceleração da perda óssea, ao aumento da reabsorção e ao maior risco de fraturas, ao passo que a adequação (com ou sem suplementação), especialmente quando acompanhada de ingestão apropriada de cálcio, está relacionada a melhores desfechos de DMO e a menor ocorrência de fraturas, com maior plausibilidade em populações com baixa exposição solar ou dieta insuficiente.

Destaca-se a importância do monitoramento por densitometria óssea (DEXA) para identificar precocemente mulheres em risco e orientar intervenções antes de eventos clínicos. A combinação de atividade física com impacto, exposição solar controlada e ingestão equilibrada de cálcio e fósforo, associada à adequação de vitamina D, constitui um conjunto de medidas integradas coerente com a fisiologia do remodelamento ósseo e com os desfechos descritos na literatura.

Este estudo se trata de uma revisão bibliográfica descritiva, com heterogeneidade entre estudos quanto a desenho, dose e duração das intervenções, sem síntese quantitativa; portanto, embora a direção dos efeitos seja consistente (DMO preservada/maior e fraturas reduzidas), não se estima sua magnitude. Ainda assim, as evidências reunidas oferecem subsídios para práticas clínicas preventivas e para ações educativas; quando incorporadas a programas e políticas de saúde, tais estratégias podem reduzir o impacto da osteoporose e favorecer a qualidade de vida de mulheres pós-menopausa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEDIK, Evgen. **Fontes de vitamina D para humanos**. International Journal for Vitamin and Research, 2021. Disponível em: <https://econtent.hogrefe.com/doi/full/10.1024/0300-9831/a000733>. Acesso em: 25 mar. 2025.

BLUMER, Michael J. F. **Bone tissue and histological and molecular events during development of the long bones**. Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger, v. 233, p. 151600, maio 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33600952/>. Acesso em: 8 abr. 2025.

CHI, Guanghao et al. **The association of osteoprotegerin and RANKL with osteoporosis: a systematic review with meta-analysis**. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, v. 18, n. 1, p. 839, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13018-023-04179-5>. Acesso em: 6 abr. 2025.

CHRISTAKOS, Sylvia. **Vitamin D: a critical regulator of intestinal physiology**. Journal of Bone and Mineral Research Plus, v. 5, n. 12, p. e10554, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/jbmrplus/article/5/12/e10554/7479599?login=false> . Acesso em: 25 mar. 2025.

DE ANDRADE TAVARES, Lara Giovanna et al. A relação fisiológica entre vitamina D, cálcio, paratormônio e osteoporose. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 25, p. e19807e19807, 2025. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/19807> . Acesso em: 20 mar. 2025.

FENG, X.; McDONALD, J. M. **Disorders of bone remodeling**. Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease, v. 17, p. 315-340, 2022. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-pathol-011110-130203>. Acesso em: 8 abr. 2025.

FLEET, James C. **Vitamin D-mediated regulation of intestinal calcium absorption.** *Nutrients*, v. 14, n. 16, p. 3351, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/14/16/3351> . Acesso em: 25 mar. 2025.

GONÇALVES, Alaide. **Tecido ósseo.** Departamento de Ciências Básicas, Faculdade de Odontologia, Unesp - Universidade Estadual Paulista, 2020. Disponível em: <https://www.foa.unesp.br/#!/ensino/departamentos/dcb/histologia/atlas-de-histologia-geral/tecido-osseo/>. Acesso em: 27 mar. 2025.

HOLICK, Michael F. **Vitamin D and bone health: what vitamin D can and cannot do.** *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 109, p. 43-66, 2024. Disponível em: <https://drmichaelholick.org/wp-content/uploads/2024/07/Dr.-Holick-Vitamin-D-and-Bone-Health-Elsevier.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

JUDAS, Fernando; PALMA, Paulo; FALACHO, Rui Isidro; FIGUEIREDO, Helena. **Estrutura e dinâmica do tecido ósseo.** Clínica Universitária de Ortopedia dos HUC-CHUC; Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, mar. 2012. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/61497217.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

KIM, Jung-Eun. **Osteoclastogenesis and osteogenesis.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 12, p. 6659, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/12/6659>. Acesso em: 27 maio 2025.

LIU, P.; TU, J.; WANG, W.; LI, Z.; LI, Y.; YU, X.; ZHANG, Z. **Effects of mechanical stress stimulation on function and expression mechanism of osteoblasts.** *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 10, e830722, 2022. DOI: 10.3389/fbioe.2022.830722. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and-biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2022.830722/full>. Acesso em: 19 jan. 2026.

LORENTZON, M. et al. **Osteoporosis and fractures in women: the burden of disease.** *Climacteric*, v. 25, n. 1, p. 4-10, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13697137.2021.1951206>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PIRES, Adrielly Carvalho Lopes et al. **Prevenção à osteoporose em mulheres na pós-menopausa: uma revisão sistemática.** *Research, Society and Development*, v. 11, n. 1, p. e16811124667-e16811124667, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24667>. Acesso em: 25 mar. 2025.

POP, Tudor Lucian et al. **The role of vitamin D and vitamin D binding protein in chronic liver diseases.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 18, p. 10705, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/18/10705>. Acesso em: 25 mar. 2025.

RIZZOLI, René; BIVER, Emmanuel; BRENNAN-SPERANZA, Tara C. **Nutritional intake and bone health.** *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, v. 9, n. 9, p. 606-621, 2021. Disponível em:

[https://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587\(21\)00119-4/abstract](https://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587(21)00119-4/abstract). Acesso em: 6 mar. 2025.

SOARES, Antonio Augusto; DUARTE, Igor Alberto. **ENSINANDO SOBRE A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: um experimento tecnológico usando o Arduino.**

Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar, v. 11, n. 36, 2025. Disponível em:

<https://homologacaoperiodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/6628/5064>. Acesso em: 19 jan. 2026.

VALENZUELA-MARTÍNEZ, Sandra et al. **Physiopathology of osteoporosis: nursing involvement and management.** Biomedicines, v. 11, n. 4, p. 1220, 2023.

Disponível em: [https://www.mdpi.com/2227-](https://www.mdpi.com/2227-9059/11/4/1220?utm_campaign=CHD_examen-du-potassium-du-laboratoire-de-performances)

[9059/11/4/1220?utm_campaign=CHD_examen-du-potassium-du-laboratoire-de-performances](https://www.mdpi.com/2227-9059/11/4/1220?utm_campaign=CHD_examen-du-potassium-du-laboratoire-de-performances). Acesso em: 20 mar. 2025.

XIAO, P.-L. et al. **Global, regional prevalence, and risk factors of osteoporosis according to the World Health Organization diagnostic criteria: a systematic review and meta-analysis.** Osteoporosis International, v. 33, n. 10, p. 2137-2153,

2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00198-022-06454-3>.

Acesso em: 5 mar. 2025.

XIAOYA, Li et al. **Effect of different types of exercise on bone mineral density in postmenopausal women: a systematic review and network meta-analysis.**

Scientific Reports, v. 15, n. 1, p. 11740, 2025. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/s41598-025-94510-3>. Acesso em: 19 jan. 2026.