

**ASPECTOS FISIOPATOLÓGICOS, CLÍNICOS E BIOQUÍMICOS DOS DISTÚRBIOS
METABÓLICOS ÓSSEOS: REVISÃO DA LITERATURA**

Maria Eduarda Souza de Jesus e Silva¹;

¹Centro Universitário Facol (UNIFACOL), Vitória de Santo Antão, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/1205290652996824>

Ana Julia Monteiro de Lima²;

²Centro Universitário Facol (UNIFACOL), Vitória de Santo Antão, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/2173497228530713>

Anna Luíza Konig Hunka³;

³Universidade Maurício de Nassau (UNINASSAU), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/1644762748706389>

Maria Luísa Alves Lins Varela Ayres de Melo⁴;

⁴Centro Universitário Facol (UNIFACOL), Vitória de Santo Antão, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5154097470609616>

Milena Mello Varela Ayres de Melo⁵;

⁵Faculdade de Medicina de Olinda (FMO), Olinda, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/4548671026303487>

Rodrigo Henrique Mello Varela Ayres de Melo⁶;

⁶Hospital Padre Jeremias, Cachoeirinha, Rio Grande do Sul.

<http://lattes.cnpq.br/3205783375055533>

Victor Leonardo Mello Varela Ayres de Melo⁷;

⁷Faculdade de Medicina de Olinda (FMO), Olinda, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5866782828889397>

Ricardo Eugenio Varela Ayres de Melo⁸.

⁸Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/2232999916086745>

RESUMO: Objetivo: Realizar uma revisão da literatura acerca dos distúrbios metabólicos ósseos, abordando sua fisiopatologia, patologias associadas, impactos na cicatrização óssea e exames bioquímicos solicitados para avaliação dessas condições. Metodologia: Foi realizada uma revisão da literatura a partir de artigos científicos e revisões disponíveis nas bases de dados PubMed, selecionando estudos relacionados ao metabolismo ósseo, remodelação óssea, composição mineral e cicatrização óssea. Resultados e Discussão: Os distúrbios metabólicos ósseos resultam de alterações nos mecanismos de formação, reabsorção e mineralização do tecido ósseo, podendo estar ligados ao envelhecimento, questões hormonais, deficiência de vitamina D, alterações nos níveis de cálcio e fósforo, doenças renais, fatores genéticos e uso de medicamentos. Entre as principais patologias destacam-se osteoporose, osteomalácia, raquitismo, hiperparatireoidismo,

hipoparatiroidismo, doença de Paget óssea e osteodistrofia renal. Essas alterações comprometem a resistência óssea e podem prejudicar a cicatrização. Considerações Finais: A avaliação clínica associada aos exames bioquímicos é fundamental para o diagnóstico e acompanhamento adequado dessas condições.

PALAVRAS-CHAVE: Remodelação. Mineralização óssea. Osteoporose.

PATHOPHYSIOLOGICAL, CLINICAL AND BIOCHEMICAL ASPECTS OF BONE METABOLIC DISORDERS: LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Objective: To conduct a literature review on metabolic bone disorders, addressing their pathophysiology, associated diseases, impacts on bone healing, and biochemical tests requested for the evaluation of these conditions. Methodology: A literature review was carried out based on scientific articles and reviews available in the PubMed database, selecting studies related to bone metabolism, bone remodeling, mineral composition, and bone healing. Results and Discussion: Metabolic bone disorders result from alterations in the mechanisms of bone formation, resorption, and mineralization, and may be associated with aging, hormonal issues, vitamin D deficiency, changes in calcium and phosphorus levels, kidney diseases, genetic factors, and medication use. The main associated diseases include osteoporosis, osteomalacia, rickets, hyperparathyroidism, hypoparathyroidism, Paget's disease of bone, and renal osteodystrophy. These alterations compromise bone strength and may impair bone healing. Final Considerations: Clinical evaluation combined with biochemical tests is essential for the diagnosis and proper follow-up of these conditions.

KEYWORDS: Bone remodeling. Bone mineralization. Osteoporosis.

INTRODUÇÃO

O osso é um tecido conjuntivo especializado e mineralizado, que é composto por osteoblastos, células de revestimento ósseo, osteócitos e osteoclastos, sendo essencial na sustentação estrutural, proteção dos órgãos vitais, locomoção, armazenamento de cálcio e fosfato, e também abrigar a medula óssea, responsável pela hematopoiese.³ A remodelação óssea mantém o equilíbrio entre a reabsorção, realizada pelos osteoclastos, e a formação óssea, promovida pelos osteoblastos, permitindo a renovação do tecido ósseo e sua adaptação aos esforços físicos e metabólicas do organismo.¹⁰

Esse equilíbrio pode ser comprometido por fatores como envelhecimento, alterações hormonais, deficiência mineral, hereditariedade, doenças sistêmicas e uso de medicamentos, aumentando as chances de desenvolvimento de distúrbios metabólicos ósseos.^{1,11} Tais distúrbios envolvem alterações na formação, reabsorção e mineralização do tecido ósseo, podendo causar dor esquelética, fragilidade, deformidades, perda de massa óssea e aumentar riscos de fraturas. A regulação mineral exerce papel principal, uma vez que o osso atua como principal reservatório de cálcio e fósforo do organismo, sendo influenciado

pela ação integrada da vitamina D e do hormônio paratireoidiano (PTH), fundamentais para a homeostase mineral e para a manutenção da qualidade óssea.^{5,9}

Entre as principais patologias associadas aos distúrbios metabólicos ósseos destacam-se a osteoporose, osteomalácia, raquitismo, hiperparatireoidismo, hipoparatireoidismo, doença de Paget óssea, osteodistrofia renal e osteogênese imperfeita, condições que comprometem a resistência, a mineralização ou a remodelação óssea.^{2,8,12} As alterações podem interferir no processo de cicatrização óssea, dificultando a regeneração tecidual após fraturas, cirurgias ou lesões ósseas.⁶ Dessa forma, a avaliação dos distúrbios metabólicos ósseos deve considerar tanto os aspectos clínicos quanto laboratoriais, incluindo exames bioquímicos como cálcio, fósforo, vitamina D, PTH, fosfatase alcalina, função renal e marcadores de remodelação óssea, que auxiliam na identificação das alterações metabólicas e no direcionamento diagnóstico dessas condições.^{4,7}

OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre os distúrbios do metabolismo ósseo, apresentando seus principais aspectos fisiopatológicos, patologias associadas, repercussões na cicatrização óssea e exames bioquímicos utilizados para avaliação e diagnóstico dessas condições.

METODOLOGIA

A pesquisa foi norteadada pela seguinte questão: “Quais são os principais aspectos relacionados ao tecido ósseo, sua formação e distúrbios em seu metabolismo descritos na literatura?”. A busca bibliográfica foi conduzida na base de dados PubMed, unidos pelo operador booleano “AND”. Os termos empregados foram “bone”, “disorders” e “healing”. Foram incluídos artigos originais, além de revisões sistemáticas disponíveis na íntegra. Foram excluídos estudos sem relevância temática. Após aplicação dos critérios de elegibilidade e leitura detalhada, 12 estudos foram selecionados para compor esta revisão integrativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A manutenção da saúde óssea depende da interação entre células, matriz extracelular, minerais, hormônios e fatores sistêmicos. Florencio-Silva et al.³ (2015) descrevem o tecido ósseo como uma estrutura viva, dinâmica e metabolicamente ativa, composta por osteoblastos, osteócitos, osteoclastos e células de revestimento ósseo. Essa visão é reforçada por Silva et al.¹⁰ (2025), ao destacar que o equilíbrio entre formação e reabsorção óssea permite a renovação, o reparo e a adaptação do esqueleto. Entretanto, enquanto Florencio-Silva et al.³ (2015) enfatizam a composição e as funções do tecido ósseo, Silva et al.¹⁰ (2025) direcionam a discussão para o processo de remodelação, mostrando que o desequilíbrio entre osteoblastos e osteoclastos pode comprometer a resistência óssea.

O envelhecimento aparece como um dos principais fatores relacionados à

desregulação da remodelação. Zhang et al.¹¹ (2024) afirmam que, com o avanço da idade, ocorre redução da atividade osteoblástica, aumento da atividade osteoclástica, alterações vasculares, acúmulo de gordura na medula óssea e senescência celular. Essa análise complementa Silva et al.¹⁰ (2025), pois explica por que a reabsorção pode superar a formação óssea. Porém, Ansari et al.¹ (2023) ampliam essa perspectiva ao demonstrar que os distúrbios metabólicos ósseos não dependem apenas do envelhecimento, mas também de fatores nutricionais, hormonais, genéticos, medicamentosos e sistêmicos. Assim, há uma diferença de enfoque entre os autores: Zhang et al.¹¹ (2024) valoriza principalmente as alterações relacionadas à idade, enquanto Ansari et al.¹ (2023) aponta uma origem mais ampla e multifatorial.

A regulação mineral também é central para a saúde óssea. Shaker e Deftos⁹ (2023) destacam que o osso armazena aproximadamente 99% do cálcio corporal e 85% do fósforo total, funcionando como reservatório mineral dinâmico. Pasieka et al.⁵ (2022) complementam essa ideia ao enfatizar o papel do PTH na reabsorção óssea, no transporte renal de cálcio e fósforo e na ativação da vitamina D. No entanto, enquanto Shaker e Deftos⁹ (2023) discutem principalmente a importância dos minerais, Pasieka et al.⁵ (2022) direcionam a análise para o controle hormonal desses minerais. Essa diferença mostra que a homeostase óssea não depende apenas da presença de cálcio e fósforo, mas também da regulação hormonal adequada.

Entre as principais doenças metabólicas ósseas, Chang et al.² (2016) citam osteoporose, osteomalácia, raquitismo, hiperparatireoidismo, hipoparatiroidismo, doença de Paget óssea, osteodistrofia renal e osteogênese imperfeita, destacando que todas podem comprometer massa óssea, mineralização, remodelação ou qualidade da matriz. Zimmerman e Ankad¹² (2024) aprofundam essa discussão ao diferenciar osteomalácia e raquitismo, associando essas condições principalmente a defeitos na mineralização por deficiência de vitamina D, cálcio ou fósforo. Já Shah et al.⁸ (2024) acrescentam que a osteodistrofia renal possui mecanismo mais complexo, pois envolve alterações na função renal e no equilíbrio entre cálcio, fósforo, vitamina D, PTH e FGF-23. Dessa forma, os autores concordam que essas doenças prejudicam a resistência óssea, mas divergem quanto ao mecanismo central envolvido: algumas estão mais ligadas à remodelação, outras à mineralização e outras ao desequilíbrio renal e hormonal.

Os distúrbios metabólicos ósseos também interferem diretamente na cicatrização. Saul et al.⁶ (2023) afirmam que o reparo ósseo depende da interação entre células osteogênicas, osteoclastos, osteoblastos, macrófagos, vascularização adequada e estabilidade biomecânica. Essa visão dialoga com Florencio-Silva et al.³ (2015) e Silva et al.¹⁰ (2025), pois reforça a importância das células ósseas e da remodelação para a recuperação do tecido. Entretanto, Saul et al.⁶ (2023) avançam ao aplicar essa discussão ao contexto cirúrgico, mostrando que alterações minerais, hormonais, inflamatórias, sistêmicas ou relacionadas ao envelhecimento podem atrasar a consolidação óssea e prejudicar o prognóstico do paciente.

A avaliação laboratorial é essencial para investigar esses distúrbios. Lee e Vasikaran⁴ (2012) destacam que exames como cálcio, fósforo, vitamina D, PTH, fosfatase alcalina, creatinina, ureia, albumina e magnésio auxiliam na avaliação da homeostase mineral, função renal e regulação hormonal. Schini et al.⁷ (2023), por sua vez, ampliam essa abordagem ao ressaltar a importância dos marcadores de remodelação óssea, como osteocalcina, P1NP, CTX e NTX. Assim, enquanto Lee e Vasikaran⁴ (2012) priorizam exames bioquímicos gerais, Schini et al.⁷ (2023) defendem uma avaliação mais específica da atividade de formação e reabsorção óssea. Essa diferença mostra que o diagnóstico e o acompanhamento dos distúrbios metabólicos ósseos devem integrar tanto exames básicos quanto marcadores específicos de remodelação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os distúrbios metabólicos ósseos representam um grupo de condições capazes de comprometer a estrutura, a resistência e a capacidade de reparo do tecido ósseo. Essas alterações estão relacionadas a desequilíbrios na remodelação e mineralização óssea, envolvendo fatores como envelhecimento, alterações hormonais, deficiência de vitamina D, distúrbios nos níveis de cálcio e fósforo, doenças sistêmicas, predisposição genética e uso de determinados medicamentos. Nesse contexto, patologias como osteoporose, osteomalácia, raquitismo, hiperparatireoidismo, hipoparatiroidismo e osteodistrofia renal podem causar dor, fragilidade, deformidades e maior risco de fraturas.

Observa-se que essas condições podem interferir negativamente na cicatrização óssea, dificultando a regeneração tecidual após fraturas, cirurgias ou lesões ósseas. Dessa forma, a avaliação clínica associada aos exames bioquímicos, como cálcio, fósforo, vitamina D, PTH, fosfatase alcalina e marcadores de remodelação óssea, torna-se essencial para a identificação precoce, acompanhamento e manejo adequado dos pacientes.

REFERÊNCIAS

1. ANSARI, M. D.; MAJID, H.; SULTANA, Y. **Clinical frontiers of metabolic bone disorders**: a comprehensive review. *Metabolism and Target Organ Damage*, v. 4, p. 2, 2023. DOI: 10.20517/mtod.2023.38.
2. CHANG, C. Y. et al. **Imaging findings of metabolic bone disease**. *RadioGraphics*, v. 36, n. 6, p. 1871-1887, 2016. DOI: 10.1148/rg.2016160004.
3. FLORENCIO-SILVA, R. et al. **Biology of bone tissue**: structure, function, and factors that influence bone cells. *BioMed Research International*, v. 2015, p. 1-17, 2015. DOI: 10.1155/2015/421746. Disponível em: PubMed Central.
4. LEE, J.; VASIKARAN, S. **Current recommendations for laboratory testing and use of bone turnover markers in management of osteoporosis**. *Annals of Laboratory Medicine*, v. 32, n. 2, p. 105-112, 2012. DOI: 10.3343/alm.2012.32.2.105.
5. PASIEKA, J. L. et al. **Etiology and pathophysiology of hypoparathyroidism**: a narrative review. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 37, n. 12, p. 2586-2601,

2022. DOI: 10.1002/jbmr.4714.

6. SAUL, D. et al. **Bone healing gone wrong**: pathological fracture healing and non-unions—overview of basic and clinical aspects and systematic review of risk factors. *Bioengineering*, v. 10, n. 1, artigo 85, 2023. DOI: 10.3390/bioengineering10010085.
7. SCHINI, M. et al. **Bone turnover markers**: basic biology to clinical applications. *Endocrine Reviews*, v. 44, n. 3, p. 417-473, 2023. DOI: 10.1210/endrev/bnac031.
8. SHAH, A.; MILLER, C.; MOE, S. M. **Chronic kidney disease-mineral bone disorder (CKD-MBD)**. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2024. Disponível em: NCBI Bookshelf.
9. SHAKER, J. L.; DEFTOS, L. **Calcium and phosphate homeostasis**. In: FEINGOLD, Kenneth R. et al. (ed.). *Endotext*. South Dartmouth: MDText.com, Inc., 2000-. Atualizado em: 17 maio 2023. Disponível em: NCBI Bookshelf.
10. SILVA, A. N. A. et al. Effects of lycopene supplementation on bone tissue: a systematic review of clinical and preclinical evidence. *Pharmaceuticals*, Basel, v. 18, n. 8, p. 1172, 2025. DOI: 10.3390/ph18081172.
11. ZHANG, L. et al. **Consequences of aging on bone**. *Aging and Disease*, v. 15, n. 6, p. 2417-2452, 2024. DOI: 10.14336/AD.2023.1115.
12. ZIMMERMAN, L.; ANKAD, D. **Osteomalacia**. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2024. Disponível em: NCBI Bookshelf.