

Aspectos histofisiológicos da remodelação óssea e fatores envolvidos na osteoporose

Histophysiological aspects of bone remodeling and factors involved in osteoporosis

Laíza Andrade Soares Diniz ¹

Júlia Mateus Lima Araújo ²

Talícia Maria Alves Benício ³

RESUMO: A osteoporose é uma das enfermidades frequentes que afetam o sistema ósseo, está diretamente relacionada ao maior risco de fraturas e implica em inúmeras dificuldades para os indivíduos. À medida que a população mundial envelhece, a necessidade de prevenir e tratar as fraturas resultantes da fragilidade óssea torna-se cada vez mais crucial. Este estudo tem como propósito revisar as características histofisiológicas do tecido ósseo e explorar dados relativos à osteoporose, estabelecendo as devidas correlações entre ambos os aspectos estudados. Foram utilizados os bancos de dados da SciELO, PubMed, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), bem como obras clássicas no âmbito da Histologia e Fisiologia. O conhecimento histofisiológico das estruturas ósseas é basilar para a compreensão de patologias como a osteoporose. É importante ressaltar a complexidade dos aspectos histofisiológicos da remodelação óssea e dos fatores que desempenham um papel crítico na osteoporose. Pode-se observar, ainda, a alarmante prevalência da osteoporose em todo o mundo, onde a vulnerabilidade das pessoas às complicações, que incluem fraturas e deformidades ósseas, continua sendo uma preocupação significativa no gerenciamento dessa condição.

Palavras chaves: osso, histologia, morfologia, epidemiologia.

ABSTRACT: Osteoporosis is one of the common illnesses that affect the skeletal system, it is directly related to the increased risk of fractures and entails numerous difficulties for individuals. As the world's population ages, the need to prevent and treat fractures resulting from bone fragility becomes increasingly crucial. This study aims to review the histophysiological characteristics of bone tissue and explore data related to osteoporosis, establishing the appropriate correlations between both aspects studied. The SciELO and PubMed databases were used, as well as works available in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), as well as classic works in the scope of Histology and Physiology. Histophysiological knowledge of bone structures is essential for understanding pathologies such as osteoporosis. It is important to highlight the complexity of the histophysiological aspects of bone remodeling and the factors that play a critical role in osteoporosis. It is also possible to observe the alarming prevalence of osteoporosis throughout

¹ Discente do Curso de Biomedicina do Centro Universitário de Patos - UNIFIP - Patos - PB
laizaecit@gmail.com

² Discente do Curso de Enfermagem do Centro Universitário de Patos - UNIFIP - Patos - PB
juliaaraujo1@enf.fiponline.edu.br

³ Médica veterinária, Doutora, Docente do Centro Universitário de Patos - UNIFIP - Patos - PB
taliciabenicio@fiponline.edu.br

the world, where people's vulnerability to complications, which include fractures and bone deformities, continues to be a significant concern in the management of this condition.

Keywords: bone, histology, morphology, epidemiology.

INTRODUÇÃO

O tecido ósseo é uma forma especializada de tecido conjuntivo, cuja matriz é essencialmente constituída por uma porção mineralizada associada aos componentes orgânicos, notadamente fibras colágenas. A combinação entre os compostos minerais e a porção orgânica garante aos ossos propriedades que os tornam muito resistentes às solicitações mecânicas (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017).

Os ossos são estruturas plásticas altamente dinâmicas que, durante toda a vida do organismo, estão em permanente adaptação. O tecido ósseo, em diversos momentos, precisa modificar sua forma ou estrutura, respondendo às situações fisiológicas ou patológicas, por meio dos processos de remodelação, que envolvem os mecanismos estreitamente acoplados de reabsorção e deposição de matriz óssea. A manutenção da homeostase do sistema esquelético depende do remodelamento ósseo equilibrado, ou seja, da dinâmica balanceada entre a atividade dos osteoblastos e dos osteoclastos, controlada pelos sistemas imune e endócrino. Desequilíbrios nesse processo podem vir a desencadear diversas condições patológicas, entre elas, as doenças osteoporóticas primárias ou secundárias (SILVERTHORN, 2017).

A osteoporose caracteriza-se como doença sistêmica que afeta o metabolismo ósseo, alterando sua microarquitetura e diminuindo a densidade mineral óssea. A principal consequência da osteoporose são as fraturas por fragilidade óssea, que podem levar seus pacientes a quadros de morbidade ou mortalidade. Ressalta-se que a mortalidade não decorre necessariamente da fratura em si, mas por conta das complicações secundárias a ela, como por exemplo, embolias, complicações cirúrgicas entre outros (FARIA et al, 2019).

Estima-se que no Brasil, devido a sua frequência e gravidade a osteoporose é um problema de saúde pública. Segundo dados epidemiológicos do *Brazilian Osteoporosis Study* (BRAZOS), 50% das mulheres e 20% dos homens com idade superior a 50 anos já sofreram uma fratura osteopórica. O BRAZOS apresentou um outro estudo, com 2.420 indivíduos de diversas regiões do Brasil com mais de 40 anos de idade, em que se verificou que fraturas de

baixo impacto afetaram 15,1% de mulheres e 12,8% de homens, as principais estruturas ósseas

Aspectos histofisiológicos da remodelação óssea e fatores envolvidos na osteoporose

afetadas foram antebraço distal (30%), quadril (12%), úmero (8%), costelas (6%) e coluna (4%) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022).

Os principais fatores de risco para a osteoporose incluem sedentarismo, artrite reumatóide, uso de corticóides, menopausa, tabagismo, etilismo, doença pulmonar obstrutiva crônica e síndrome da má absorção. Os critérios favoráveis para o desenvolvimento da osteoporose em mulheres são sedentarismo, menopausa e uso de corticóides; enquanto que em homens o sedentarismo, o tabagismo e a diabetes *mellitus* foram os fatores de risco mais frequentes (RUBIN, 2018).

Por ter baixas manifestações clínicas o diagnóstico da osteoporose normalmente só ocorre após o acontecimento de alguma fratura, sendo desde 1994 sendo a OMS a densimetria óssea o “padrão ouro” para o diagnóstico e o método mais utilizado. Entretanto o seu diagnóstico e tratamento são eficazes na prevenção de fraturas mais graves como as vertebrais, as do osso do quadril e do fêmur (CAMARGOS, 2017). Entre as consequências da osteoporose podem ser destacadas as deformidades como coluna encurvada, a dor crônica, incapacidade a até a morte (CAIRES, 2017).

Considerando o exposto, objetivou-se revisar as características histofisiológicas do tecido ósseo e explorar dados relativos à osteoporose, estabelecendo as devidas correlações entre ambos os aspectos estudados.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, em que foram consultados artigos disponíveis nas plataformas de buscas SciELO e PubMed, trabalhos disponíveis na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) bem como obras clássicas no âmbito da Histologia e Fisiologia que elucidem as principais características do tecido ósseo, os mecanismos histofisiológicos da remodelação óssea e os principais aspectos e fatores envolvidos na osteoporose.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. Aspectos histofisiológicos da remodelação óssea

O tecido ósseo é um tipo especializado de tecido conjuntivo, de origem mesenquimal, formado por células de duas linhagens e por uma matriz óssea mineralizada. Representa o componente principal do esqueleto, garante suporte para os tecidos moles, protege órgãos vitais, aloja a medula óssea, proporciona apoio aos músculos esqueléticos e atua como reserva de cálcio, fosfato e outros íons, armazenando-os e liberando-os de maneira controlada (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017).

Embora apresentem um aspecto aparentemente inerte, os ossos são estruturas notadamente dinâmicas, crescem, remodelam-se e mantêm-se ativos durante toda a vida do organismo. Esta plasticidade decorre da permanente reorganização do tecido ósseo, mediante a ação coordenada das células ósseas, responsáveis pela constante formação, reabsorção, reparação e manutenção da microarquitetura óssea. (BARBOSA, 2019).

Suas células pertencem a duas linhagens: (1) as células da linhagem osteoblástica, formadas pelos osteoblastos e osteócitos, são derivadas de células osteoprogenitoras de origem mesenquimal; (2) as células da linhagem osteoclástica são os osteoclastos, originados de monócitos produzidos na medula hematopoética (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017).

A matriz extracelular desse tecido apresenta uma porção orgânica e outra inorgânica. O componente inorgânico mineral representa aproximadamente 60% da massa óssea, enquanto o orgânico contribui com pouco mais de 20% e a água com aproximadamente 10%. A porção mineralizada da matriz, constituída principalmente por fosfato de cálcio na forma de cristais de hidroxiapatita, confere a este tecido dureza e rigidez relativa. A parte orgânica do tecido, cujo constituinte principal (cerca de 90%) são as fibras colágenas (com predominância do colágeno tipo I), garante propriedades como resiliência e maleabilidade. A soma dessas propriedades, dureza e maleabilidade, favorece a resistência do osso e torna-o capaz de dissipar deformações frente a esforços mecânicos. A matriz orgânica inclui ainda proteoglicanos, osteocalcina, osteonectina e osteopontina, bem como citocinas IL-1, IL-6,

RANKL, OPG e fatores de crescimento BMP's, TGF- β , FGF, IGF, PDGF (NOVITSKAYA et al., 2011).

Para que a massa óssea esteja em equilíbrio funcional é necessária a existência de uma completa integração dos eventos celulares e bioquímicos, que caracterizam o processo de

Aspectos histofisiológicos da remodelação óssea e fatores envolvidos na osteoporose

remodelação óssea. A remodelação consiste em um mecanismo de substituição de áreas de tecido ósseo de modo a preservar a sua integridade, otimizar a sua função e prevenir a sua degradação. Este processo apresenta dois objetivos principais: um relativo à perspectiva mecânica, dirigido para a reparação e adaptação da estrutura óssea ao meio, e outro voltado à perspectiva metabólica, relacionado com a homeostasia do cálcio plasmático (PEREIRA, 2010).

Esta permanente adaptação óssea representa uma constante resposta e interligação deste tecido ao meio. No processo de remodelação, ocorrem duas atividades complementares: a formação e a reabsorção do tecido, que ficam a cargo das células da linhagem osteoblástica e osteoclástica, respectivamente. Esse mecanismo garante a renovação do esqueleto e manutenção na sua integridade anatômica e estrutural (BROWN, 2002).

A remodelação conta com a ação coordenada dos componentes da Unidade Óssea Multicelular (BMU - Bone Multicelular Unity). A BMU é composta por osteoclastos (células de reabsorção), osteoblastos (células de formação), osteócitos (osteoblastos maduros “presos” à matriz óssea), células de revestimento e o sistema vascular capilar. O primeiro estágio da remodelação envolve o recrutamento, por meio de sinais físicos e hormonais, das células precursoras de osteoclasto; uma vez concentrados sobre a superfície óssea que será reabsorvida, fundem-se e transformam-se em osteoclastos multinucleados; mediante sua ativação, reabsorvem a matriz, seguidos por um período de inibição de osteoclastos por apoptose celular. Na fase seguinte, a formação óssea resulta de complexa cascata de eventos que envolvem a proliferação de células mesenquimais primitivas, diferenciação em células precursoras osteoblásticas (pré-osteoblasto), maturação dos osteoblastos, formação de matriz e mineralização (AMADEI, 2006).

O evento de remodelação envolve a sinalização entre as células e sua relação com uma série de proteínas, como interleucinas, e fatores de crescimento regulatórios. Os hormônios também desempenham papel fundamental na regulação dos mecanismos de remodelação,

garantindo o equilíbrio entre a reabsorção e a formação óssea. Neste sentido, destacam-se o PTH, a calcitonina, o GH, os hormônios sexuais, cortisol e adrenalina (ABRAHAMSOHN, 2016).

O hormônio paratireoidiano (PTH) é secretado pelas glândulas paratireoides em resposta aos níveis baixos de cálcio no sangue. O PTH atua estimulando a reabsorção óssea, ou

Laíza Andrade Soares Diniz

seja, ele promove a liberação de cálcio e fosfato dos ossos para o sangue. Além disso, o PTH estimula os rins a reabsorverem mais cálcio e excretarem menos fosfato, aumentando ainda mais os níveis de cálcio no sangue. Dessa forma, o PTH desempenha um papel fundamental na regulação dos níveis de cálcio no organismo. Por outro lado, a calcitonina é secretada pelas células C da glândula tireoide. Sua função principal é inibir a reabsorção óssea. A calcitonina reduz os níveis de cálcio no sangue ao promover a deposição de cálcio nos ossos. Ela inibe as células responsáveis pela reabsorção óssea, impedindo a liberação excessiva de cálcio para o sangue (SILVERTHORN, 2017).

A somatotrofina, ou hormônio do crescimento (GH) estimula o crescimento ósseo durante a infância e a adolescência. Por sua vez, o estrógeno ajuda a manter a densidade óssea nas mulheres, enquanto a testosterona desempenha um papel semelhante nos homens. Os hormônios adrenais, como o cortisol e a adrenalina, também podem afetar a remodelação óssea. Níveis elevados de cortisol devido ao estresse crônico podem favorecer a perda de massa óssea. Além disso, a adrenalina liberada em situações de estresse agudo concorre para inibir temporariamente a formação óssea (GUYTON, 2017).

É pertinente destacar que o sistema de proteínas RANK (Receptor Ativador do Fator Nuclear Kappa-B)/RANKL (Ligante do RANK)/OPG (Osteoprotegerina) contribui para a compreensão do processo e regulação da formação e reabsorção do osso, tendo sido apontado como o maior avanço na biologia óssea com relação a osteoclastogênese. O RANK é um receptor presente nas células precursoras dos osteoclastos, o RANKL é um ligante produzido pelos osteoblastos que se liga ao RANK, estimulando a formação e atividade dos osteoclastos. O OPG é um inibidor do RANKL, controlando assim a atividade dos osteoclastos e mantendo o equilíbrio da remodelação óssea. Desordens no sistema RANKL/RANK/OPG estão associadas a certas doenças humanas, inclusive osteoporose pós-menopausa, artrite reumatoide, tumores ósseos e certos tumores metastáticos (BALOUL, 2016).

Diversas citocinas e compostos, como os estrógenos, influenciam a gênese de osteoclastos por meio da regulação da produção de RANKL/ OPG pelas células estromais e pelos osteoblastos (AMADEI, 2006). Nas mulheres, o estrogênio inibe a reabsorção óssea devido à liberação da osteoprotegerina (OPG), citocina que inibe a diferenciação em osteoclastos maduros. No entanto, no período pós-menopausa, há uma queda na taxa de secreção de estrogênio, acarretando uma atividade osteoclástica aumentada, com diminuição da

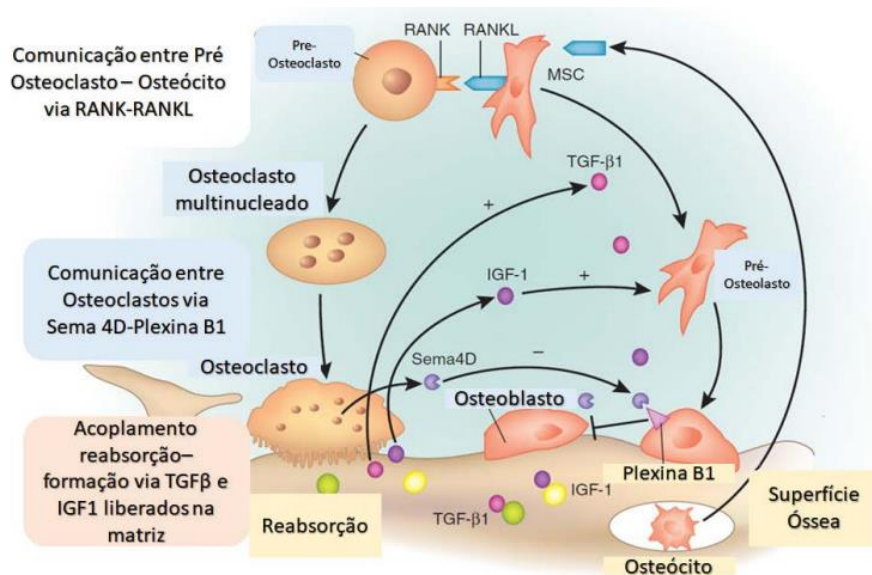
Aspectos histofisiológicos da remodelação óssea e fatores envolvidos na osteoporose

matriz óssea e uma menor deposição de cálcio e fosfato. Nos homens, a ação da testosterona aumenta a quantidade total de matriz óssea e promove a retenção do cálcio, o que resulta em um aumento do tamanho e da resistência óssea (GUYTON, 2017).

É válido destacar que a vitamina D representa um fator significativo para o desenvolvimento e crescimento ósseos, além de manter a homeostase de cálcio e fosfato. Foi comprovada sua atuação nos osteoblastos, promovendo a síntese de RANKL, que é expresso em sua superfície. A resposta dos osteoblastos a essa vitamina pode variar: células imaturas respondem a partir de uma ação osteoclástica, evidenciada pela expressão de RANKL; células maduras apresentam uma resposta osteogênica. Já existem elementos suficientes que demonstram que tanto as respostas osteogênicas quanto as osteoclastogênicas por osteoblastos podem ser reguladas por níveis de vitamina D circulantes (BARRAL, 2007).

Na imagem a seguir (Figura 1), apresenta-se a ação das citocinas na comunicação celular da BMU, na remodelação óssea.

Figura 1 – BARBOSA, A. P (2019). “Ação de citocinas na comunicação celular da BMU. O remodelamento ósseo é modulado por uma ampla variedade de hormônios e citocinas liberados inicialmente por osteócitos e células de revestimento em resposta a estímulo mecânico e a percepção de microlesões. Pela liberação de RANKL, pré-osteoclastos diferenciam-se e, ativados, iniciam a reabsorção da matriz óssea. A liberação de IGF e TGF- β presentes na matriz reabsorvida estimula a diferenciação dos osteoblastos responsáveis pela síntese matricial 50. Fonte: Adaptado de Eriksen Rev Endocr Metab



2. Osteoporose

2.1 Definição e patogênese

A osteoporose que significa “osso poroso” é um distúrbio esquelético caracterizado pelo comprometimento da força óssea predispondo uma pessoa a um risco aumentado de

fratura, está se tornando uma carga crescente nos cuidados de saúde em todo o mundo, à luz das mudanças demográficas. Essa condição é uma das doenças mais comuns do sistema ósseo e está associada a um maior risco de fraturas ósseas, causando inúmeras complicações para os pacientes, especialmente entre os idosos, à medida que a prevalência da doença aumenta com a idade (FREIRE; ARAGÃO, 2004).

Esta condição apresenta uma classificação em dois grupos distintos: primária e secundária, onde a osteoporose primária engloba a osteoporose idiopática, que surge em crianças e adultos jovens, cuja origem é desconhecida, e a osteoporose involucional, que afeta tanto homens quanto mulheres e está principalmente associada ao processo de envelhecimento. A osteoporose involucional se subdivide em dois tipos: o tipo I, que ocorre após a menopausa, e o tipo II, que ocorre na idade sênior. Por outro lado, a osteoporose secundária é resultado de doenças específicas, como condições médicas de doenças renais, hepáticas, endócrinas ou hematológicas ou do uso de certos medicamentos, representando pelo menos 5% de todos os diagnósticos de osteoporose. Sendo que o tipo mais comum de osteoporose é a pós-menopausa, que está diretamente relacionada à menopausa e ao processo de envelhecimento (SBR, 2011; ALMAZÁN et al., 2022).

A osteoporose é clinicamente significativa, uma vez que representa o fator primordial que predispõe a fraturas, essas que estão relacionadas à osteoporose que afetam o quadril, a coluna vertebral e os antebraços acarretam consequências que abrangem restrições na mobilidade, deformidades físicas, dor crônica, incapacidade funcional, perda de autonomia e uma redução na qualidade de vida em escala global (CHANDRAN, 2018).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, a osteoporose se caracteriza pela redução da quantidade de massa óssea, pela deterioração da estrutura microscópica do tecido ósseo e pelo aumento da fragilidade mecânica dos ossos, tornando-os mais propensos a fraturas resultantes de traumas leves, até que ocorram fraturas, essa doença geralmente não demonstra sintomas perceptíveis (MOURA et al., 2012).

Na imagem a seguir (Figura 2), apresenta-se uma imagem comparativa de um osso normal e a osteoporose.

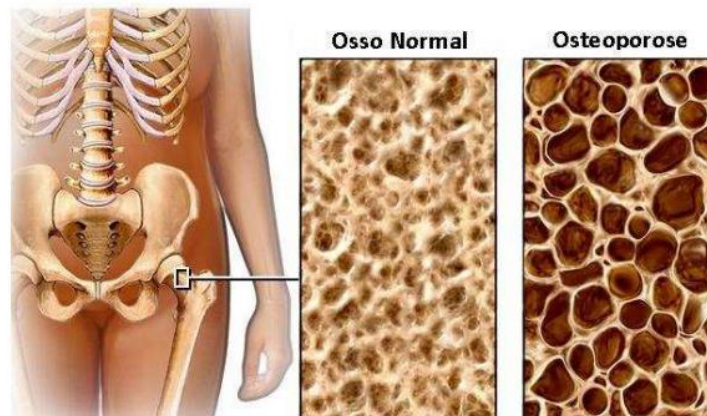


Figura 2 - O resultado da perda de minerais nos ossos. Essa perda transforma os ossos gradualmente, tornando-os mais permeáveis e frágeis, e por conseguinte mais suscetíveis a fraturas. Fonte: Adaptado de Guia Saúde da Mulher (2023).

Na imagem a seguir (Figura 3) são apresentadas lâminas histológicas em que se verifica as alterações típicas de um quadro de osteoporose.

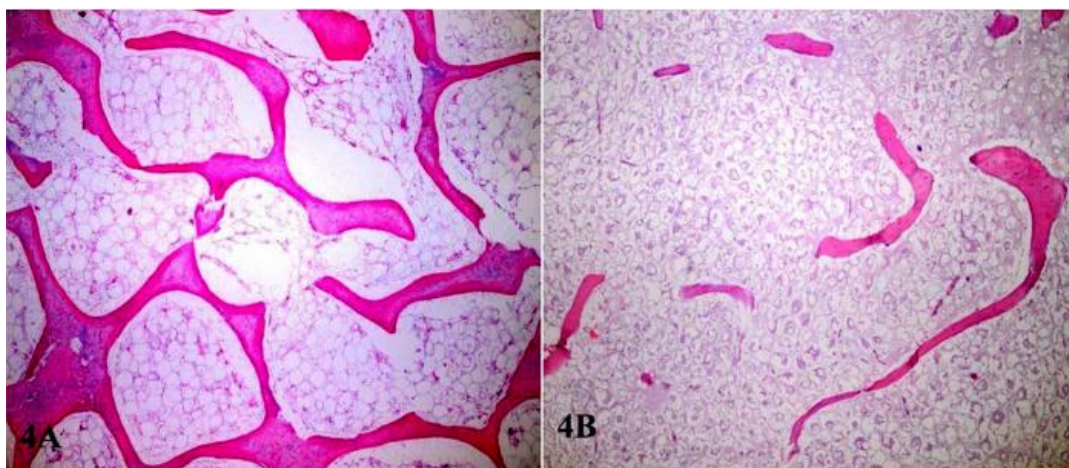


Figura 3 – ROSA F.B. et al., (2013) “Osteoporose em caprino. Úmero proximal. (A) Cabra normal. HE, obj. 4x. (B) Cabra 4, trabéculas ósseas acentuadamente reduzidas em número e em espessura. HE, obj.4x.” Fonte: Rosa et al. 2013 Osteoporose em caprinos

2.2 Fatores envolvidos no desenvolvimento

O desenvolvimento da osteoporose é influenciado por diversos fatores, alguns deles não podem ser alterados, enquanto muitos outros podem ser modificados e reduzir a

incidência da doença em questão, dentre essas modificações encontram-se elementos ambientais e endócrinos (SILVA et al., 2015).

No âmbito ambiental, estão inclusos: (a) aspectos relacionados à alimentação, como a ingestão insuficiente de cálcio e deficiência de vitamina D devido a problemas nutricionais, má absorção ou exposição inadequada ao sol, consumo excessivo de proteínas em dietas desequilibradas, ingestão excessiva de fosfato e aumento da excreção de cálcio devido ao consumo excessivo de sal; (b) estilo de vida sedentário, atividade anaeróbica e sobrecarga mecânica, que direta ou indiretamente contribuem para o risco de osteoporose; (c) uso crônico de certos medicamentos, como anticonvulsivantes, glicocorticoides, sedativos ou quimioterapia; (d) consumo de cafeína, álcool ou tabaco; (e) peso corporal, o qual é responsável por 15% a 30% das variações na densidade mineral óssea (DMO) em todas as idades e regiões ósseas avaliadas (ALMAZÁN et al., 2022).

Entre os fatores endócrinos, incluem-se: (a) menarca tardia ou irregularidades no ciclo menstrual, que estão associadas a uma menor massa óssea; (b) menopausa, cirúrgica ou natural, que ocorre antes dos 45 anos; (c) condição de infertilidade hormonal em mulheres; e (d) insuficiência de estrogênio pré-menopausa, resultante de anovulação devido a distúrbios como anorexia nervosa, excesso de exercício ou estresse emocional, sendo esse último fator considerado o mais relevante para o desenvolvimento de osteoporose (ALMAZÁN et al., 2022).

2.3 Perfil epidemiológico da osteoporose

A osteoporose tem maior incidência em mulheres brancas de idade avançada, especialmente no período pós-menopausa. Esta condição está associada a fatores como histórico de menopausa precoce, ausência de sobrepeso, maior ingestão de fósforo, diabetes mellitus, uso crônico de benzodiazepínicos e antecedentes familiares de fraturas de fêmur após os 50 anos em parentes de primeiro grau. Por outro lado, as mulheres afrodescendentes, que possuem uma massa óssea maior em comparação com mulheres brancas, têm uma menor predisposição à osteoporose (PINHEIRO et al., 2010).

Ainda de acordo com o autor supracitado, no caso dos homens, a redução dos níveis de testosterona não ocorre de maneira tão acentuada como a diminuição dos níveis de estrogênio nas mulheres pós-menopausa, além disso, devido à densidade óssea superior, os homens desenvolvem osteoporose em uma fase posterior da vida do que as mulheres. No

entanto, fatores como o sedentarismo, o tabagismo atual e uma qualidade de vida inferior são os mais significativos no que diz respeito à ocorrência de fraturas de baixo impacto em homens brasileiros.

2.4 Diagnóstico de Osteoporose

O diagnóstico da osteoporose é estabelecido principalmente através da análise da densidade mineral óssea (DMO) podendo ter presença de fratura por fragilidade, principalmente na coluna, quadril, punho, úmero, costelas e pelve ou através do T-score $\leq -2,5$ DP, que é considerada o método de referência para a identificação da condição, essa análise avalia o risco de futuras fraturas, detectando a perda da massa óssea, medindo a densidade mineral óssea e fazendo a avaliação de fraturas vertebrais. Outrora a osteoporose muitas vezes não seja facilmente identificada por meio de radiografias convencionais, o diagnóstico é confirmado por meio da densitometria óssea. Apesar de ser amplamente aceito o diagnóstico da osteoporose pela presença de fraturas por fragilidade, a medição da DMO com absorciometria de raios-X de dupla energia conhecida como (DEXA) é capaz de diagnosticar com precisão a osteoporose antes mesmo da ocorrência de uma fratura (ROQUE et al., 2009; GUARNIERO, 2004).

2.5 Tratamento da Osteoporose

Atualmente o tratamento para a osteoporose se divide em tratamentos de âmbito farmacológico e não farmacológico, visto que se tem uma ampla gama de medicamentos com distintos modos de ação que tem sido utilizados na prevenção e tratamento da osteoporose, além disso, o exercício físico que é considerado uma das intervenções mais convencionais, confiáveis e econômicas no âmbito da prevenção e tratamento da osteoporose (ZHANG et al., 2022).

Terapias não farmacológicas

Uma vez que fraturas frequentemente resultam de quedas, aprimorar o tônus muscular e o equilíbrio por meio de atividades físicas pode reduzir o risco de quedas, isso inclui exercícios de resistência que demonstraram efeitos consideráveis, se realizados em intensidade moderada a baixa, na densidade mineral óssea. Tanto o treinamento de resistência com alta carga quanto o treinamento de resistência com baixa carga parecem igualmente eficazes e produzem resultados similares na densidade mineral óssea do colo do fêmur e da

coluna lombar em idosos, assim entre as estratégias não farmacológicas apresentadas para prevenir quedas e manter a força muscular e a densidade mineral óssea, o exercício físico se destaca como uma das mais cruciais (COSTA et al., 2012).

Terapias farmacológicas

Considerando que o risco de osteoporose aumenta substancialmente após a menopausa, é lógico priorizar a reposição de estrogênio como a primeira opção no tratamento da osteoporose em mulheres na meia-idade. Tratamentos comuns, como terapia de reposição hormonal (TRH), moduladores seletivos do receptor de estrogênio (SERM) ou bifosfonatos, têm a capacidade de melhorar a densidade mineral óssea e reduzir o risco de fraturas (SHI et al., 2022).

Para qualquer tipo de tratamento, sempre se começa com a detecção e correção de causas específicas da perda de densidade óssea, assim tendo com alternativas a manutenção de uma dieta equilibrada que inclua níveis adequados de cálcio e vitamina D, com a finalidade de prevenir fraturas especialmente na coluna vertebral. Adicionalmente, principalmente se for observado que apenas a alimentação não está suprimindo, pode ser considerada a suplementação de cálcio com vitamina D, que deve ser tomada durante as refeições ou com uma bebida rica em vitamina C para melhorar sua absorção (DINIZ, 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Após a análise dos estudos que compuseram esta revisão, é importante ressaltar a complexidade dos aspectos histofisiológicos da remodelação óssea e dos fatores que desempenham um papel crítico na osteoporose. Sendo pertinente mencionar que a coordenação de células osteoblásticas e osteoclásticas, juntamente com a influência de diversos hormônios e citocinas, asseguram um equilíbrio dinâmico. Pode-se observar, ainda, a alarmante prevalência da osteoporose em todo o mundo, onde a vulnerabilidade das pessoas às complicações, que incluem fraturas e deformidades ósseas, continua sendo uma preocupação significativa no gerenciamento dessa condição.

REFERÊNCIAS

ABRAHAMSOHN, P. **Histologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

ALMAZÁN, A.A.; MARTÍNEZ, A.V.; CABALLERO, Y.C.; RESTREPO, D.F.A.; FRAILE, M.C.C.; RUIZ, E.L. **Status atual do diagnóstico e manejo da osteoporose**. International Journal of Molecular Sciences, 2022

AMADEI, Susana Ungaro et al. A influência da deficiência estrogênica no processo de remodelação e reparação óssea. **J. Bras. Patol. Med. Lab.** n.42, 2006

BALOUL, Susan. **Osteoclastogenesis and osteogenesis during tooth movement**. Frontiers of Oral Biology, v. 18, 75-9, 2016.

BARRAL, D.; BARROS, A. C.; ARAUJO, R. P. C. Vitamina D: uma abordagem molecular. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr*, v. 7, n. 3, p. 309-15, 2007.

BARBOSA, Alexandre Povia. **Impacto do tabagismo na composição da matriz extracelular óssea : modelo de fratura de tíbia em camundongos** / Alexandre Povia Barbosa. – São Paulo, 2019. Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

BROWN, Jacques. P.; JOSSE, Robert. G. 2002 The clinical practice guidelines for the diagnosis and management of osteoporosis in Canada. **Can Med Assoc J**, v. 167, n. 10, p. s1-s34, 2002.

CAIRES, Ellen Luz Pereira et al. Tratamento da osteoporose pós-menopáusia: um algoritmo baseado na literatura para uso no sistema público de saúde. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 57, p. 254-263, 2017.

CAMARGOS, Mirela Castro Santos; BOMFIM, Wanderson Costa. Osteoporose e Expectativa de Vida Saudável: estimativas para o Brasil em 2008. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 25, p. 106-112, 2017.

CHANDRAN M, McCloskey EV, Thu WPP, et al. **Arco Osteoporos**, 2018

COSTA, E.L.; FILHO, P.S.C.B.; MOURA, M.S.; SOUSA, T.S.; LEMOS, A.; PEDROSA, M.A.C. **Efeitos de um programa de exercícios em grupo sobre a força de preensão manual em idosas com baixa massa óssea**. *Arq Bras Endocrinol Metab* v., 2012

Dinis J. **Estudo dos factores de risco na ocorrência de osteoporose**. Instituto Politécnico de Bragança; 2012.

FARIA, Lorraine Perciliano de et al. Bases celulares da remodelação óssea e rastreamento de pacientes com redução de densidade mineral óssea em radiografias odontológicas. **Revista da Faculdade de Odontologia de Lins/Unimep** v. 29, n. 2 2019

FREIRE, Fabiano Moreira; ARAGÃO, Karine Gogoy Castelo Branco de. **Osteoporose: um artigo de atualização**. Trabalho de Conclusão de Curso II (Curso de Fisioterapia) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2004

GUARNIERO, Roberto; OLIVEIRO, Lindomar Guimarães. **Osteoporose: atualização no diagnóstico e princípios básicos para o tratamento**. *Rev Bras Ortop.*, 2004

GUIA SAÚDE DA MULHER. **Osteoporose: uma doença senil ou um sinal de descuido com a saúde?**, 2023

- GUYTON, A.C.; HALL J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Editora Elsevier. 13ª ed., 2017.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 13ª edição. Rio de Janeiro - RJ: Guanabara Koogan, 2017.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Protocolo clínico e diretrizes terapêuticas da Osteoporose**. Brasil, 2022.
- MOURA, M.S.; PEDROSA, M.A.C.; COSTA, E.L.; FILHO, P.S.C.B.; SAYÃO, L.B.; SOUSA, T.S. **Efeitos de exercícios resistidos, de equilíbrio e alongamentos sobre a mobilidade funcional de idosos com baixa massa óssea**. Rev Bras Ativ Fis Saúde v., 2012
- NOVITSKAYA, Ekaterina et al. Recent advances on the measurement and calculation of the elastic moduli of cortical and trabecular bone: A review. **Theoretical and Applied Mechanics**, v. 38, n. 3, p. 209–297, 2011.
- PINHEIRO MM, CICONELLI RM, JACQUES ND, GENARO PS, MARTINI LA, FERRAZ MB. **O impacto da osteoporose no Brasil: dados regionais das fraturas em homens e mulheres adultos** - The Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS). Rev. bras. Reumatol, 2010
- ROQUE, W.L.; SOUZA, A.C.A.; BARBIERI, D.X. **Característica de Euler Poincaré aplicada para identificar baixa densidade óssea a partir de imagens tomográficas de vértebras**. Rev Bras Reumatol, 2009
- RUBIN, Katrine Hass et al. Uma nova ferramenta de avaliação de risco de fratura (FREM) baseada em registros de saúde pública. **Revista de pesquisa óssea e mineral** , v. 11, pág. 1967-1979, 2018.
- SHI, L.; XU, X.; XIANG, G.; DUAN, S. **Tratamentos anti-osteoporose alteraram a composição corporal em mulheres na pós-menopausa: uma revisão sistemática e meta-análise**. Medicina v, 2022
- SILVA, A.C.V; ROSA, M.N ; FERNANDES, B; LUMERTZ, S; DINIZ, R. M e DAMIANI, M.E.F.R. **Fatores associados à osteopenia e osteoporose em mulheres submetidas à densitometria óssea**. Revista Brasileira de Reumatologia, 2015
- SILVERTHORN, D. **Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada**, 7ª Edição, Artmed, 2017.