

## Vitamina D e saúde óssea: evidências, controvérsias e diretrizes de suplementação

César Braga<sup>1</sup>, Davi Monteiro de Mello<sup>1</sup>, Gabriel Cano<sup>1</sup>, Robsom Vander<sup>1</sup> Alexandre Baldin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente de Nutrição, Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Docente de Nutrição, Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, São Paulo, Brasil.

Autor para correspondência: Alexandre Baldin. E-mail: alexandre.baldin@escolas.anchieta.br

### Resumo

A vitamina D, reconhecida mais fortemente como um pré-hormônio do que como vitamina, desempenha papel primordial na regulação do metabolismo do cálcio e do fósforo, essencial para a saúde óssea. Contudo, sua deficiência é um problema endêmico global, associado ao risco aumentado para diversas condições de saúde, abrangendo os sistemas musculoesquelético, imunológico e cardiovascular. Este trabalho teve como objetivo analisar criticamente as evidências científicas atuais sobre a relação entre vitamina D e saúde óssea, discutindo os pontos controversos da suplementação e revisando as diretrizes propostas. A metodologia consistiu em uma revisão bibliográfica narrativa, que analisou 24 artigos científicos, incluindo estudos observacionais, ensaios clínicos randomizados e diretrizes nacionais e internacionais. Os resultados destacaram que a vitamina D é indispensável na gestação, influenciando desfechos maternos e fetais, embora persista o dilema das dosagens ideais. Na infância e adolescência, a hipovitaminose D é associada ao raquitismo e ao comprometimento do pico de massa óssea com fatores de risco variados. Em idosos, a deficiência é comum devido ao envelhecimento, impactando a saúde óssea (osteoporose) e extraesquelética (sarcopenia), com evidências de que doses mais altas podem beneficiar o fortalecimento muscular. Em atletas, apesar da plausibilidade biológica e correção dos níveis séricos, a suplementação não demonstrou impacto significativo direto na força ou desempenho. Controvérsias sobre os níveis séricos ideais, dosagens seguras e a relação com cálculos renais permanecem. Conclui-se que a vitamina D é crucial para a saúde, mas as diretrizes de suplementação ainda geram debates, exigindo uma abordagem individualizada e mais pesquisas para otimizar os desfechos em saúde nas diferentes populações.

**Palavras-chave:** vitamina D; saúde óssea; suplementação; deficiência de vitamina D; controvérsias.

## Vitamin D and bone health: contemporary evidence, ongoing controversies, and supplementation guidelines

### Abstract

Vitamin D, recognized more as a pre-hormone than a vitamin, plays a primary role in regulating calcium and phosphorus metabolism, essential for bone health. However, its deficiency is a global endemic problem, associated with an increased risk for various health conditions, encompassing musculoskeletal, immunological, and cardiovascular systems. This study aimed to critically analyze current scientific evidence on the relationship between vitamin D and bone health, discuss controversial points of supplementation, and review proposed guidelines. The methodology consisted of a narrative literature review, which analyzed 24 scientific articles, including observational studies, randomized clinical trials, and national and international guidelines. Results highlighted that vitamin D is indispensable in pregnancy, influencing maternal and fetal outcomes, although the dilemma of ideal dosages persists. In childhood and adolescence, hypovitaminosis D is prevalent, associated with rickets and impaired peak bone mass, with varied risk factors. In the elderly, deficiency is common due to aging, impacting bone health (osteoporosis) and extra-skeletal health (sarcopenia and falls), with evidence that higher doses may benefit muscle strength. In athletes, despite biological plausibility and correction of serum levels, supplementation did not demonstrate a significant direct impact on strength or performance. Controversies regarding optimal serum levels, safe dosages, and the relationship with kidney stones remain. It is concluded that vitamin D is crucial for health, but supplementation guidelines still generate debates, requiring an individualized approach and further research to optimize health outcomes across different populations.

**Keywords:** vitamin D; bone health; supplementation; vitamin D deficiency; controversies.

### Introdução

A vitamina D, reconhecida, atualmente, mais como um pré-hormônio do que como uma vitamina, desempenha funções biológicas essenciais que transcendem a saúde óssea. No entanto, seu papel primordial e mais bem estabelecido reside na regulação do metabolismo do cálcio e do fósforo, sendo crucial para a mineralização e a manutenção da integridade do esqueleto. Ao facilitar a absorção intestinal de cálcio, atua em sinergia com esse mineral fundamental para a estrutura e resistência óssea<sup>1</sup>.

Apesar de sua importância vital, a deficiência de vitamina D configura-se como um problema endêmico de grande magnitude, afetando uma vasta parcela da população global,

independentemente de idade, etnia ou localização geográfica. Essa carência é modulada por múltiplos fatores, como idade, pigmentação da pele, tempo e forma de exposição solar, uso de protetor solar, vestuário, estação do ano e a presença de comorbidades. Essa carência tem sido associada a um risco aumentado para diversas condições de saúde, não se restringindo apenas ao sistema musculoesquelético, mas também impactando a imunidade e a saúde cardiovascular, o que reforça sua relevância como questão prioritária de saúde pública<sup>2</sup>.

A complexidade em torno da vitamina D se aprofunda ao considerarmos as estratégias de suplementação. Embora a administração de vitamina D e cálcio seja prática comum para corrigir deficiências e prevenir doenças ósseas, sua relação com outros desfechos de saúde, como a formação de cálculos renais, é multifacetada e ainda alvo de controvérsias científicas, o que evidencia a necessidade de uma abordagem cautelosa, individualizada e baseada em evidências<sup>3</sup>.

No contexto brasileiro, a prevalência de insuficiência e deficiência de vitamina D é notavelmente alta, refletindo um problema de saúde global persistente<sup>2</sup>. Uma meta-análise geoespacial já revelou carências significativas em diversas regiões do país<sup>4</sup>, o que é corroborado por estudos subsequentes. É fundamental distinguir que a deficiência de vitamina D é geralmente caracterizada por níveis séricos de 25-hidroxivitamina D abaixo de 20 ng/mL, enquanto a insuficiência refere-se a níveis entre 20 e 29 ng/mL. Essa condição é modulada por múltiplos fatores, como idade, pigmentação da pele, forma e tempo de exposição solar, uso de protetor solar, vestuário, estação do ano e comorbidades. A vulnerabilidade à deficiência varia substancialmente entre crianças, adolescentes, adultos, gestantes e, de forma acentuada, idosos — ainda que em uma mesma localidade<sup>5</sup>.

A carência de vitamina D, especialmente quando persistente, compromete diretamente a saúde esquelética. Em crianças, pode levar ao raquitismo, caracterizado por deformidades ósseas. Em adultos, resulta em osteomalácia, com dor óssea e fraqueza muscular. Em idosos, está intimamente associada à osteoporose, contribuindo para a perda de massa óssea e aumento do risco de fraturas, como um dos fatores que mais gera impactos clínicos e econômicos dos sistemas de saúde<sup>1</sup>.

A fisiopatologia central dessa carência reside no papel primordial da vitamina D na regulação do metabolismo do cálcio e do fósforo, minerais essenciais para a mineralização óssea. Quando há deficiência, a absorção intestinal de cálcio é comprometida, levando a uma diminuição dos

níveis séricos de cálcio (hipocalcemia) e, consequentemente, a um aumento na secreção do hormônio paratireoidiano (PTH). O PTH elevado, por sua vez, tenta compensar a hipocalcemia mobilizando cálcio dos ossos, o que resulta em um processo de desmineralização. Em crianças, essa mineralização óssea inadequada durante o crescimento leva ao raquitismo, com ossos moles e deformados. Em adultos, manifesta-se como osteomalácia, em que o osso maduro não consegue ser mineralizado corretamente, causando dor e fragilidade. Em idosos, a deficiência de vitamina D contribui para o agravamento da osteoporose, acelerando a perda de densidade mineral óssea (DMO) e aumentando significativamente o risco de fraturas, devido à fragilidade esquelética intensificada<sup>1</sup>.

Além da vitamina D, diversos artigos apontam como essencial a suplementação concomitante com o cálcio para alcançar os efeitos desejados na prevenção de fraturas, especialmente em idosos. Por atuar diretamente na manutenção da DMO e na mineralização adequada do tecido ósseo, o cálcio se faz necessário para se obter tais efeitos. Embora a vitamina D favoreça a absorção de cálcio no intestino, sua suplementação sozinha não é suficiente para promover a proteção óssea adequada<sup>6</sup>.

Diante desse panorama, torna-se essencial o desenvolvimento de diretrizes claras para avaliação do estado nutricional e suplementação de vitamina D. Entretanto, ainda existem amplos debates na literatura científica e entre as diretrizes atuais sobre os níveis séricos ideais para diferentes desfechos clínicos, as dosagens mais seguras e eficazes, bem como os reais benefícios das intervenções a longo prazo<sup>2-3</sup>.

Diante da reconhecida relevância da vitamina D para a saúde óssea, da elevada prevalência de sua deficiência e das controvérsias ainda existentes — notadamente sobre os níveis séricos ideais e as dosagens seguras e eficazes de suplementação —, esta revisão tem como objetivo analisar criticamente as evidências atuais, discutir os principais pontos em debate sobre a suplementação e revisar as diretrizes propostas, a fim de consolidar o conhecimento disponível e oferecer subsídios práticos para a atuação clínica e direcionar futuras pesquisas, especialmente no estabelecimento de dosagens ótimas e seguras, a busca por consenso nos níveis séricos ideais e a avaliação dos efeitos a longo prazo da suplementação em diferentes populações.

## Métodos

Este trabalho foi desenvolvido como uma revisão bibliográfica narrativa, delineada para analisar, de forma aprofundada, a relação entre a vitamina D (e a suplementação aliada ao cálcio) e a saúde óssea. O foco principal recaiu sobre as evidências científicas mais recentes, abrangendo estudos observacionais, ensaios clínicos randomizados e diretrizes emanadas de organizações nacionais e internacionais. A metodologia empregada visou esclarecer os principais mecanismos fisiológicos envolvidos, as implicações clínicas da deficiência ou insuficiência desses micronutrientes e suas repercussões na mineralização óssea, na DMO e no risco de fraturas. A revisão contemplou, ademais, uma discussão sobre as atuais controvérsias acerca da necessidade, eficácia e segurança da suplementação de vitamina D e cálcio, bem como os diferentes protocolos e recomendações direcionados a populações específicas. Foram abordados contextos como o de idosos, gestantes, atletas e indivíduos com osteoporose, buscando-se compreender as particularidades de cada grupo. O levantamento bibliográfico para esta análise contou com a seleção e a revisão de 24 artigos científicos, incluindo ensaios clínicos randomizados e estudos observacionais, que foram considerados pertinentes para os objetivos propostos. Este trabalho, assim, almeja contribuir para um entendimento amplo e atualizado do tema, fornecendo subsídios para profissionais e estudantes da área da saúde.

Para a identificação dos estudos que compõem esta revisão, foi realizada uma busca abrangente nas bases de dados eletrônicas PubMed (Medline), SciELO e Google Scholar. As palavras-chave utilizadas, combinadas de forma estratégica, incluíram os seguintes descritores controlados (conforme DeCS/MeSH): "vitamina D" (*vitamin D*), "saúde óssea" (*bone health*), "suplementação" (*supplementation*), "deficiência de vitamina D" (*vitamin D deficiency*) e "controvérsias" (*controversies*). A busca priorizou artigos publicados a partir do ano de 2010 até o período de finalização desta pesquisa (com uma data de corte em 2023), visando incluir as evidências mais relevantes. Contudo, artigos seminais anteriores a este período foram consultados e incluídos para contextualização e estabelecimento dos fundamentos teóricos.

Os critérios de elegibilidade para inclusão abrangeram artigos de revisão, ensaios clínicos randomizados, estudos observacionais e diretrizes clínicas e de consensos de organizações nacionais e internacionais. Foram selecionados trabalhos que abordassem a relação entre vitamina D, saúde óssea e suplementação em seres humanos, publicados em português ou inglês. Os critérios de exclusão compreendiam estudos que não se encaixavam na temática principal, estudos em animais ou *in vitro*, ou aqueles com dados inconsistentes ou metodologia não claramente descrita.

A seleção dos estudos e a extração de dados foram realizadas em etapas iterativas. Inicialmente, para a elaboração da introdução e da presente seção de métodos, foi conduzida uma busca preliminar que resultou na identificação de um volume inicial de artigos. A partir dessa triagem inicial por título e resumo, seis artigos foram selecionados por sua relevância fundamental para contextualização e fundamentação da primeira parte do trabalho. Posteriormente, a busca foi ampliada e aprofundada, seguindo os mesmos critérios de elegibilidade e exclusão, para abarcar as evidências que sustentariam as seções de resultados e discussões. Esse processo de seleção contínuo culminou na utilização de um total de 24 artigos científicos considerados pertinentes para a elaboração completa desta revisão. Os dados e informações mais importantes foram extraídos e sintetizados narrativamente, focando nos principais achados, controvérsias e diretrizes, de modo a permitir uma análise crítica e abrangente.

## **Resultados e discussão**

Após o estabelecimento do panorama da vitamina D e da metodologia da pesquisa, esta seção apresenta a análise detalhada dos achados da literatura sobre sua intrínseca relação com a saúde óssea. Para este fim, estudos focados em grupos populacionais específicos foram buscados e analisados. As evidências científicas, compiladas a partir de estudos observacionais, ensaios clínicos e diretrizes, revelam o impacto e as controvérsias da suplementação em diversos momentos da vida, permitindo compreender as particularidades desse micronutriente ao longo da gestação, na infância e adolescência, bem como entre idosos e atletas.

### **Vitamina D na gestação**

A gestação impõe significativas demandas nutricionais, destacando a vitamina D como micronutriente essencial para a saúde materno-fetal. Sua atuação vai além do metabolismo ósseo, envolvendo processos imunomodulatórios e reguladores importantes para o desenvolvimento e o sucesso da gravidez. Embora amplamente reconhecida, as recomendações de dosagem e a extensão de seus benefícios ainda são debatidas<sup>2</sup>.

As adaptações fisiológicas durante a gestação e lactação incluem maior mobilização e absorção intestinal de cálcio para suprir o feto. Sugere-se que tais mecanismos ocorram “relativamente independentes do status de vitamina D”<sup>7</sup>, mas a deficiência materna expõe o neonato a hipocalcemia e raquitismo<sup>7</sup>. Assim, observa-se a dualidade entre a capacidade adaptativa materna e a vulnerabilidade neonatal.

A placenta expressa todos os componentes do sistema de sinalização da vitamina D (VDR, CYP27B1 e CYP24A1), permitindo tanto a produção quanto a resposta à forma ativa ( $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ ). A vitamina D modula a implantação, a produção de citocinas e a resposta imune, influenciando a manutenção da gestação<sup>8</sup>. Sua deficiência associa-se a desfechos adversos como pré-eclâmpsia, resistência à insulina, diabetes gestacional, vaginose bacteriana e maior risco de cesariana<sup>8-9</sup>. Para o feto, repercute em baixo peso ao nascer, craniotabes e comprometimento do desenvolvimento esquelético intrauterino<sup>9</sup>. Tais evidências mostram que a deficiência não se limita a riscos ósseos, mas impacta amplamente a saúde materno-fetal.

A prevalência global de hipovitaminose D em gestantes é alta, mesmo em regiões ensolaradas. Fatores como pigmentação da pele, restrição cultural à exposição solar e baixa ingestão dietética são determinantes<sup>9</sup>. Essa desconexão entre disponibilidade ambiental e status vitamínico reforça a complexidade do problema e o dilema sobre dosagens ideais.

O debate sobre suplementação ocupa posição central. Embora reconhecida a importância da vitamina D, não há consenso sobre a quantidade ideal para prevenir complicações e garantir níveis séricos adequados<sup>9</sup>. Nesse contexto, ensaios clínicos têm buscado respostas. Hollis et al. (2011)<sup>10</sup>, em estudo duplo-cego e controlado, compararam a suplementação diária de 400, 2000 e 4000 UI de vitamina D<sub>3</sub> da 12ª a 16ª semana até o parto, observando-se aumento dose-dependente dos níveis de 25-hidroxivitamina D [ $25(\text{OH})\text{D}$ ] em mães e neonatos, sendo 4000 UI/dia a mais eficaz. O grupo de 4000 UI apresentou maior probabilidade de alcançar níveis  $\geq 80$  nmol/L (RR 1,60; IC95% 1,32–1,95) em comparação a 400 UI. É importante ressaltar que não houve eventos adversos associados, indicando segurança para doses testadas<sup>10</sup>. Esses achados questionam recomendações conservadoras de 400–600 UI/dia, frente à evidência de que níveis mais elevados podem ser necessários.

Ainda assim, a transposição para diretrizes universais exige cautela. Faltam estudos de longo prazo, avaliação em diferentes populações e consensos sólidos em saúde pública. Essa pesquisa de Hollis et al. abre caminho, mas não resolve todas as incertezas.

Em desfechos clínicos específicos, como a pré-eclâmpsia, doses ainda mais altas foram testadas. Sasan et al. (2017)<sup>11</sup> avaliaram gestantes com histórico da condição, suplementando 50.000 UI de vitamina D<sub>3</sub> a cada duas semanas até a 36ª semana. O grupo intervenção teve

risco 1,94 vezes menor de recorrência em comparação ao placebo ( $P = 0,036$ )<sup>11</sup>. Apesar dos resultados promissores, doses tão elevadas levantam preocupações sobre toxicidade. A hipervitaminose D, embora rara, pode ocorrer quando a ingestão excede 10.000 UI/dia por meses, levando a hipercalcúria e hipercalcemia<sup>9</sup>. Assim, regimes de megadoses devem ser restritos a cenários de alto risco, com monitoramento individualizado<sup>11</sup>.

Em síntese, a vitamina D é indispensável na gestação, com implicações que ultrapassam a saúde óssea, influenciando imunidade e desfechos maternos e fetais. O dilema das dosagens é evidente: enquanto estudos como os de Hollis et al. (2011)<sup>10</sup> sustentam a eficácia e segurança de doses mais altas, as diretrizes permanecem conservadoras, criando uma lacuna entre evidência e prática clínica. Intervenções com megadoses, como em Sasan et al. (2017)<sup>11</sup>, ampliam o debate, mas exigem cautela. A suplementação deve ser individualizada, equilibrando benefícios e segurança. Pesquisas futuras são essenciais para refinar recomendações, assegurando que as necessidades de vitamina D sejam adequadamente atendidas durante a gestação e ao longo da vida.

### **Vitamina D na infância e adolescência**

A hipovitaminose D é um problema de saúde pública global que afeta crianças e adolescentes, com alta prevalência observada<sup>12</sup>. Essa constatação é reforçada por estudos mais recentes, como uma meta-análise de 2024 que confirmou a prevalência de 45% em crianças e adolescentes com diabetes mellitus tipo 1 (DM1), evidenciando a persistência do problema e a heterogeneidade entre critérios diagnósticos, regiões e estações do ano<sup>13</sup>. Em um estudo na Turquia, 40% dos avaliados apresentaram níveis de 25(OH)D abaixo de 20 ng/mL, sendo a deficiência mais comum em meninas e correlacionada negativamente com idade e índice de massa corporal (IMC)<sup>12</sup>.

A vitamina D desempenha papel essencial na infância e adolescência, fases de crescimento e consolidação da saúde óssea, com implicações na vida adulta<sup>14</sup>. Segundo a Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP), a deficiência dessa vitamina é a principal causa do raquitismo nutricional, caracterizado por mineralização inadequada, dores ósseas, atraso no desenvolvimento e deformidades. A SBP aponta ausência de consenso nos pontos de corte para suficiência e recomenda prevenção e tratamento conforme idade e fatores de risco<sup>14</sup>. A adequada aquisição da DMO nessa fase é determinante para prevenir osteoporose e fraturas<sup>14,15</sup>. Uma meta-análise mostrou que a suplementação não melhora significativamente a DMO em crianças saudáveis

com níveis normais, mas pode beneficiar deficientes, especialmente na coluna lombar e no conteúdo mineral ósseo total<sup>15</sup>.

Diversos fatores aumentam o risco de deficiência, como estilo de vida com baixa exposição solar<sup>14,16</sup>. Em Vitória (ES), 53,3% dos participantes apresentaram níveis inadequados (< 30 ng/mL), mesmo em região ensolarada. Atividades indoor, variações sazonais e latitude foram associadas a maior inadequação<sup>16</sup>. A baixa ingestão de alimentos ricos ou fortificados agrava o quadro<sup>14</sup>. Para lactentes, a amamentação exclusiva é fator de risco se não houver suplementação<sup>14</sup>. Pigmentação escura reduz síntese cutânea<sup>14,16</sup>. Obesidade<sup>12,14</sup>, doenças intestinais (fibrose cística, doença celíaca, inflamatória), hepáticas, renais e uso de medicamentos, como anticonvulsivantes e glicocorticoides, também contribuem<sup>14</sup>.

As consequências variam de curto a longo prazo. O raquitismo nutricional manifesta-se com atraso no desenvolvimento e deformidades ósseas<sup>14</sup>. Alterações como hipocalcemia, hipofosfatemia e elevação do paratormônio (PTH) são comuns<sup>12,14</sup>. A deficiência ainda pode aumentar a suscetibilidade a infecções<sup>14</sup>. A longo prazo, compromete o pico de massa óssea e eleva o risco de osteopenia, osteoporose e fraturas<sup>14-15</sup>, além de estar associada ao DM1 e outras doenças autoimunes e metabólicas<sup>13-14</sup>.

As recomendações de suplementação são heterogêneas. Para prevenção, geralmente indicam 400 UI/dia para menores de 1 ano e 600 UI/dia entre 1–18 anos, ajustando para 1200–1800 UI/dia em pacientes com fatores de risco. O tratamento utiliza doses terapêuticas de colecalciferol<sup>14</sup>.

Apesar dos avanços, persistem lacunas: falta de consenso nos pontos de corte, necessidade de ensaios clínicos e estudos longitudinais<sup>13-14</sup>. Investigações futuras devem esclarecer doses ideais para grupos de risco e avaliar desfechos em longo prazo<sup>15</sup>. A integração de evidências com políticas públicas será fundamental para otimizar o status de vitamina D em crianças e adolescentes, equilibrando intervenção e segurança<sup>14-15</sup>.

### **Vitamina D e saúde óssea em idosos**

A deficiência de vitamina D representa um desafio significativo na saúde do idoso, sendo uma condição prevalente com amplas implicações clínicas. O envelhecimento impacta diretamente a capacidade de síntese cutânea de vitamina D e a ingestão alimentar, contribuindo para a hipovitaminose D. Esse cenário é detalhado em uma declaração de consenso, que aborda os

efeitos esqueléticos, como a redução da DMO e o risco de fraturas, e os extraesqueléticos, incluindo quedas, fraqueza muscular, e a possível relação com doenças crônicas, como diabetes e câncer, além da mortalidade geral<sup>17</sup>. Para mitigar esses riscos, a suplementação com vitamina D, frequentemente em combinação com cálcio, é uma estratégia amplamente explorada.

Em relação à saúde óssea, a suplementação tem sido investigada para otimizar a DMO e reduzir o risco de fraturas. Um ensaio clínico randomizado e controlado, conduzido em adultos com 70 anos ou mais, avaliou o efeito da suplementação mensal de diferentes doses de vitamina D3 (12.000, 24.000 ou 48.000 UI) na DMO do quadril<sup>18</sup>. Embora o estudo não tenha encontrado diferença significativa na alteração da DMO entre as doses ao longo de 12 meses, ele confirmou que a suplementação foi eficaz em elevar os níveis plasmáticos de 25(OH)D e reduzir as concentrações de PTH. Esses achados são importantes para a compreensão da segurança e da eficácia bioquímica da suplementação, apesar de não terem impactado diretamente a DMO nos parâmetros avaliados<sup>18</sup>.

Além dos efeitos esqueléticos, a vitamina D tem sido extensivamente estudada por seu papel em desfechos extraesqueléticos, notadamente a sarcopenia, que é a perda progressiva de massa, força e função muscular. Uma revisão sistemática e meta-análise que incluiu 35 estudos randomizados e 6.628 participantes investigou o efeito da suplementação de vitamina D nos parâmetros de sarcopenia em idosos, incluindo massa muscular, força de preensão manual e desempenho físico (como o teste *timed up and go* – TUG)<sup>19</sup>. Os resultados indicaram que a suplementação de vitamina D teve um efeito mínimo nos parâmetros de sarcopenia em geral. Contudo, foi observado que doses mais altas de suplementação de vitamina D podem levar a melhorias significativas na força de preensão manual e no desempenho no teste TUG. Essa nuance sugere que a dosagem pode ser um fator crítico na obtenção de benefícios musculares em idosos, indicando a necessidade de mais pesquisas sobre doses elevadas<sup>19</sup>.

As diretrizes clínicas fornecem recomendações atualizadas para a suplementação de vitamina D em idosos. De acordo com a Endocrine Society, é sugerida a suplementação empírica de vitamina D para indivíduos com 75 anos ou mais, principalmente devido ao potencial de reduzir a mortalidade geral<sup>20</sup>. Essa recomendação baseia-se na constatação de que, nessa faixa etária, os benefícios superam os riscos, mesmo que os efeitos sejam modestos em alguns desfechos. É importante notar que a diretriz sugere contra a testagem de rotina dos níveis de 25(OH)D em adultos saudáveis, incluindo aqueles com 75 anos ou mais, na ausência de indicações

estabelecidas, como hipocalcemia<sup>20</sup>. Além disso, para pessoas com indicação de tratamento, é preferível a administração diária de doses mais baixas de vitamina D em detrimento de doses intermitentes e mais elevadas<sup>20</sup>. Essa abordagem visa a otimizar a segurança e a eficácia, considerando a farmacocinética da vitamina D e a adesão ao tratamento a longo prazo.

### **Vitamina D em atletas**

A vitamina D tem sido amplamente investigada por seu papel potencial na otimização do desempenho atlético, dada sua reconhecida interação com o músculo esquelético. Apesar da eficácia da suplementação de vitamina D3 em corrigir o status sérico de 25(OH)D em atletas, elevando as concentrações para níveis considerados suficientes, a evidência sobre o impacto direto no desempenho ainda gera controvérsias<sup>21</sup>. Uma meta-análise recente demonstrou que, mesmo com a correção dos níveis de 25(OH)D, a suplementação não resultou em melhorias significativas na força muscular em atletas<sup>21</sup>. Essa conclusão é reforçada por outro estudo que, ao analisar força máxima e potência, também corroborou a ausência de um efeito estatisticamente significativo da vitamina D no desempenho esportivo<sup>22</sup>.

A plausibilidade biológica para essa associação decorre de mecanismos moleculares subjacentes, que incluem a presença de receptores específicos (VDR) nas células musculares. Esses receptores influenciam o transporte de cálcio, a síntese proteica e vias de sinalização essenciais para a proliferação e diferenciação celular, impactando a função muscular<sup>23-24</sup>.

Doses diárias em torno de 5000 UI por mais de quatro semanas foram eficazes para atingir a suficiência de 25(OH)D<sup>21</sup>. Contudo, a controvérsia principal reside na tradução desses níveis séricos otimizados em benefícios concretos de desempenho atlético, como força e potência muscular. A ausência de impacto observável no desempenho foi consistente, independentemente dos níveis basais de 25(OH)D dos atletas (fossem eles abaixo ou acima de 75 nmol/L) e das doses utilizadas<sup>22</sup>. A análise agregada da evidência disponível não sustenta a ideia de que a correção dos níveis de vitamina D, por si só, se traduz em ganhos diretos na força e potência muscular de atletas<sup>21-22</sup>.

Essa lacuna entre a plausibilidade biológica e a ausência de impacto no desempenho levanta questões importantes. As implicações práticas sugerem que, enquanto a suplementação pode ser necessária para corrigir a deficiência de vitamina D em atletas para

a saúde geral, atingir um limiar de  $25(\text{OH})\text{D} \geq 75 \text{ nmol/L}$  não garante, automaticamente, melhorias na força e potência máximas<sup>22</sup>.

As limitações nos estudos atuais incluem o pequeno tamanho amostral, a heterogeneidade nas populações atléticas (modalidades, níveis de treinamento, latitudes), a falta de detalhes sobre os regimes de treinamento e a variação nos métodos de avaliação. Há também a discussão sobre a suficiência da  $25(\text{OH})\text{D}$  como único marcador de status de vitamina D. Futuras pesquisas são necessárias para investigar doses ótimas, a longo prazo, em populações atléticas mais homogêneas e com desfechos de desempenho rigorosamente definidos, a fim de refinar as diretrizes e esclarecer se e sob quais condições a vitamina D pode impactar diretamente o desempenho esportivo<sup>21-22</sup>.

Após a análise das evidências para diferentes grupos populacionais, observa-se um consenso robusto quanto ao papel primordial da vitamina D na regulação do metabolismo ósseo e na saúde geral, com sua deficiência sendo reconhecida como um problema de saúde pública global<sup>1-2</sup>. Contudo, esta revisão também evidenciou controvérsias e lacunas científicas notáveis que demandam atenção e comparação de achados.

Em gestantes, por exemplo, embora a suplementação possa influenciar positivamente o crescimento fetal, como o comprimento do fêmur e os níveis de  $25(\text{OH})\text{D}$  no cordão umbilical, persiste a falta de consenso sobre os desfechos de saúde alvo e os regimes de dosagem ideais para a suplementação pré-natal<sup>25</sup>. Similarmente, na infância e adolescência, Zou et al. (2025)<sup>26</sup> confirmam uma prevalência significativa de insuficiência e deficiência, identificando fatores influenciadores claros como idade e atividade ao ar livre. Contudo, o debate sobre os pontos de corte e as doses ótimas a longo prazo ainda é objeto de discussão<sup>14</sup>.

A complexidade acentua-se em idosos, apontando-se para uma significativa "subutilização e superutilização potencial" da suplementação em pacientes multimórbidos, refletindo a incerteza sobre o impacto clínico da vitamina D e a necessidade de prescrições mais direcionadas<sup>27</sup>. Por fim, para atletas, Dominguez et al.<sup>28</sup> ressaltam a essencialidade da vitamina D para o desempenho e recuperação, mas admitem que os estudos são frequentemente pequenos e inconclusivos, sem "evidências definitivas" de que a suplementação afete diretamente o desempenho.

Essas divergências e a heterogeneidade dos resultados entre os estudos analisados sublinham a necessidade de futuras pesquisas, especialmente ensaios clínicos randomizados de longo prazo com populações mais homogêneas, para refinar as recomendações e otimizar desfechos em saúde, abrangendo desde a regulação do cálcio e fósforo<sup>1</sup> até a complexa relação com cálculos renais<sup>3</sup>, a otimização de massa óssea<sup>15</sup> e a busca por um impacto direto no desempenho atlético<sup>22</sup>.

## Conclusão

Esta revisão consolidou que a vitamina D é fundamental para a saúde óssea e o bem-estar geral, embora a complexidade de sua suplementação e os debates sobre diretrizes e dosagens ótimas persistam em diversos grupos populacionais. Observa-se um robusto consenso quanto ao seu papel primordial na regulação do metabolismo ósseo e na saúde geral, com a deficiência sendo reconhecida globalmente como um problema de saúde pública.

A análise das evidências revelou controvérsias e lacunas científicas notáveis que impactam as recomendações clínicas. Em gestantes, por exemplo, embora a suplementação possa influenciar positivamente o crescimento fetal, persiste a falta de consenso sobre os desfechos de saúde alvo e os regimes de dosagem ideais para a suplementação pré-natal. Similarmente, na infância e adolescência, a prevalência significativa de insuficiência e deficiência foi confirmada. Contudo, o debate sobre os pontos de corte e as doses ótimas a longo prazo ainda é objeto de discussão. A complexidade acentua-se em idosos, observando-se uma "subutilização e superutilização potencial" da suplementação em pacientes multimórbidos, refletindo a incerteza sobre o impacto clínico da vitamina D e a necessidade de prescrições mais direcionadas. Por fim, para atletas, embora a vitamina D seja ressaltada como essencial para o desempenho e recuperação, os estudos são frequentemente pequenos e inconclusivos, sem "evidências definitivas" de que a suplementação afete diretamente o desempenho atlético. Essas divergências e a heterogeneidade dos resultados sublinham a importância de uma abordagem individualizada e baseada nas evidências disponíveis para cada grupo.

Como limitação, é importante notar que, por se tratar de uma revisão bibliográfica narrativa, este trabalho compilou e interpretou uma vasta gama de estudos, refletindo a intrínseca complexidade e, por vezes, a contradição das evidências científicas disponíveis sobre o tema.

Para futuras investigações, sugere-se a continuidade de estudos longitudinais e ensaios clínicos randomizados com amostras maiores e mais homogêneas, especialmente para estabelecer dosagens ótimas e seguras em populações como gestantes, crianças, adolescentes e atletas. É crucial a busca por um consenso sobre os níveis séricos ideais de vitamina D para cada desfecho clínico e grupo populacional, bem como a avaliação dos efeitos a longo prazo de diferentes regimes de suplementação. Adicionalmente, a exploração de fatores genéticos e ambientais que modulam a resposta à vitamina D pode refinar ainda mais as diretrizes e a prática clínica, otimizando os resultados de saúde óssea e geral.

## Referências

1. Bouillon R, Marcocci C, Carmeliet G, Bikle D, White JH, Dawson-Hughes B, et al. Skeletal and extraskeletal actions of vitamin D: current evidence and outstanding questions. *Endocr Rev* [internet]. 2019 [acesso em 17 set 2025]; 40(4):1109-51. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30321335/>
2. Rebelos E, Tentolouris N, Jude E. The role of vitamin D in health and disease: a narrative review on the mechanisms linking vitamin D with disease and the effects of supplementation. *Drugs* [internet]. 2023 [acesso em 17 set 2025]; 83:665-85. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10163584/>
3. Messa P, Castellano G, Vettoretti S, Alfieri CM, Giannese D, Panichi V, et al. Vitamin D and calcium supplementation and urolithiasis: a controversial and multifaceted relationship. *Nutrients* [internet]. 2023 [acesso em 17 set 2025]; 15(7):1724. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37049567/>
4. Pereira-Santos M, dos Santos JYG, Carvalho GQ, dos Santos DB, Oliveira AM. Epidemiology of vitamin D insufficiency and deficiency in a population in a sunny country: Geospatial meta-analysis in Brazil. *Crit Rev Food Sci Nutr* [internet]. 2018 [acesso em 17 set 2025]; 59(15):2463-74. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29420062/>
5. Maeda SS, Saraiva GL, Kunii IS, Hayashi LF, Cendoroglo MS, Ramos LR, et al. Factors affecting vitamin D status in different populations in the city of São Paulo, Brazil: the São Paulo vitamin D Evaluation Study (SPADES). *BMC Endocr Disord*

- [internet]. 2013 [acesso em 17 set 2025]; 13:14. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23627369/>
6. Manoj P, Derwin R, George S. What is the impact of daily oral supplementation of vitamin D3 (cholecalciferol) plus calcium on the incidence of hip fracture in older people? A systematic review and meta-analysis. *Int J Older People Nurs* [internet]. 2023 [acesso em 17 set 2025]; 18(1):e12492. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35842938/>
  7. Kovacs CS. Vitamin D in pregnancy and lactation: maternal, fetal, and neonatal outcomes from human and animal studies. *Am J Clin Nutr* [internet]. 2008 [acesso em 17 set 2025]; 88(2):520S-8S. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18689394/>
  8. Shin JS, Choi MY, Longtine MS, Nelson DM. Vitamin D effects on pregnancy and the placenta. *Placenta* [internet]. 2010 [acesso em 17 set 2025]; 31(12):1027-34. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20863562/>
  9. Kaushal M, Magon N. Vitamin D in pregnancy: a metabolic outlook. *Indian J Endocrinol Metab* [internet]. 2013 [acesso em 17 set 2025]; 17(1):76-82. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23776856/>
  10. Hollis BW, Johnson D, Hulsey TC, Ebeling M, Wagner CL. Vitamin D supplementation during pregnancy: double-blind, randomized clinical trial of safety and effectiveness. *J Bone Miner Res* [internet]. 2011 [acesso em 17 set 2025]; 26(10):2341-57. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21706518/>
  11. Sasan SB, Zandvakili F, Soufizadeh N, Baybordi E. The effects of vitamin D supplement on prevention of recurrence of preeclampsia in pregnant women with a history of preeclampsia. *Obstet Gynecol Int* [internet]. 2017 [acesso em 17 set 2025]; 2017:8249264. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28912817/>
  12. Andıran N, Çelik N, Akça H, Doğan G. Vitamin D deficiency in children and adolescents. *J Clin Res Pediatr Endocrinol* [internet]. 2012 [acesso em 17 set 2025]; 4(1):25-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22394709/>

13. Yang X, Chai M, Lin M. Proportion of vitamin D deficiency in children and adolescents with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pediatr* [internet]. 2024 [acesso em 17 set 2025]; 24(1):192. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38493103/>
14. Sociedade Brasileira de Pediatria, Departamento Científico de Endocrinologia. Hipovitaminose D em pediatria: diagnóstico, tratamento e prevenção – atualização [internet]. São Paulo: Sociedade Brasileira de Pediatria; 2024 [acesso em 17 set 2025]. Disponível em: [https://www.sbp.com.br/fileadmin/11/DC\\_HipovitD\\_diagn-tratam-prevenc\\_Atualiz.pdf](https://www.sbp.com.br/fileadmin/11/DC_HipovitD_diagn-tratam-prevenc_Atualiz.pdf)
15. Winzenberg T, Powell S, Shaw KA, Jones G. Effects of vitamin D supplementation on bone density in healthy children: systematic review and meta-analysis. *BMJ* [internet]. 2011 [acesso em 17 set 2025]; 342:c7254. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21266418/>
16. Olios PR, Olios EMR, Alvim RO, Sartório CL, Zaniqueli DA, Mill JG. Association of sun exposure and seasonality with vitamin D levels in Brazilian children and adolescents. *Rev Paul Pediatr* [internet]. 2023 [acesso em 17 set 2025]; 41:e2021361. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rpp/a/qm4mWSmMyN8gv8wmfpgxt4b/?lang=en>
17. Giustina A, Bouillon R, Dawson-Hughes B, Ebeling PR, Lazaretti-Castro M, Lips P, et al. Vitamin D in the older population: a consensus statement. *Endocrine* [internet]. 2023 [acesso em 17 set 2025]; 79(1):31-44. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36287374/>
18. Aspray TJ, Chadwick T, Francis RM, McColl E, Stamp E, Prentice A, et al. Randomized controlled trial of vitamin D supplementation in older people to optimize bone health. *Am J Clin Nutr* [internet]. 2019 [acesso em 17 set 2025]; 109(1):207-17. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30624670/>
19. Widajanti N, Hadi U, Soelistijo SA, Syakdiyah NH, Rosaudyn R, Putra HBP. The effect of vitamin D supplementation to parameter of sarcopenia in elderly people: a systematic review and meta-analysis. *Can Geriatr J* [internet]. 2024 [acesso em 17 set 2025]; 27(1):63-75. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38433884/>

20. Demay MB, Pittas AG, Bikle DD, Diab DL, Kiely ME, Lazaretti-Castro M, et al. Vitamin D for the prevention of disease: an endocrine society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab* [internet]. 2024 [acesso em 17 set 2025]; 109:1907-47.
21. Han Q, Li X, Tan Q, Shao J, Yi M. Effects of vitamin D3 supplementation on serum 25(OH)D concentration and strength in athletes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Int Soc Sports Nutr* [internet]. 2019 [acesso em 17 set 2025]; 16(1):55. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31771586/>
22. Sist M, Zou L, Galloway SDR, Rodriguez-Sanchez N. Effects of vitamin D supplementation on maximal strength and power in athletes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Nutr* [internet]. 2023 [acesso em 17 set 2025]; 10:1163313. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37841405/>
23. Ceglia L. Vitamin D and its role in skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* [internet]. 2009 [acesso em 17 set 2025]; 12(6):628-33. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2901845/>
24. Pedrosa MAC, Castro ML. Papel da vitamina D na função neuro-muscular. *Arq Bras Endocrinol Metab* [internet]. 2005 [acesso em 17 set 2025]; 49(4):495-502. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abem/a/Lzjvc9fV47KFxrDKRSDn5rv/abstract/?lang=pt>
25. Luo T, Lin Y, Lu J, Lian X, Guo Y, Han L, et al. Effects of vitamin D supplementation during pregnancy on bone health and offspring growth: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One* [internet]. 2022 [acesso em 17 set 2025]; 17(10):e0276016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36227906/>
26. Zou Y, Huang L-C, Zhao D, He M-j, Han D, Su D, et al. Vitamin D nutritional status and the influencing factors among children and adolescents. *Front Public Health* [internet]. 2025 [acesso em 17 set 2025]; 13:1553077. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2025.1553077/full>
27. Moutzouri E, Beglinger S, Feller M, Eichenberger A, Dalleur O, Knol W, et al. Inappropriate vitamin D supplementation among multimorbid older patients: a

multicountry analysis. BMC Geriatr [internet]. 2025 [acesso em 17 set 2025]; 25(1):541. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40684074/>

28. Dominguez LJ, Veronese N, Ragusa FS, Baio SM, Sgrò F, Russo A, et al. The importance of vitamin D and magnesium in athletes. Nutrients [internet]. 2025 [acesso em 17 set 2025]; 17(10):1655. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40431395/>