

VITAMINA D E ESPORTE:  
DEFICIÊNCIA, SUPLEMENTAÇÃO E EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO

Danilo Rodrigues Machado<sup>1</sup>, Guilherme Giannini Artioli<sup>2</sup>

**RESUMO**

A vitamina D parece desempenhar papel importante na função muscular. A literatura aponta que níveis baixos dessa vitamina em atletas podem levar a maior risco de fratura por estresse, além de prejudicar a função e recuperação musculares. Esse trabalho objetiva identificar as implicações da deficiência de vitamina D no esporte, bem como analisar os efeitos da suplementação sobre níveis sanguíneos e performance atlética. Nesta revisão narrativa da literatura, uma busca por artigos científicos foi realizada nas bases de dados Pubmed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). O papel da vitamina D está relacionado com saúde óssea, ação imunomoduladora, atuando sobre a imunidade inata e adquirida, inflamação, além de atuar em ações de vias moleculares nos músculos. Estudos mostram altas taxas de insuficiência e deficiência de vitamina D em atletas de diversas modalidades esportivas. Os níveis reduzidos dessa vitamina são observados principalmente em atletas que praticam modalidades esportivas do tipo indoor. Além disso, insuficiência e deficiência costumam ser mais frequentes nos meses de inverno. Apesar das taxas elevadas, a deficiência de vitamina D parece não impactar significativamente o desempenho de atletas. Estudos clínicos com diversos protocolos de suplementação de vitamina D em atletas apontam melhora considerável do estado nutricional dessa vitamina, porém ao analisar parâmetros de performance, essa melhora não é observada de forma significativa. Não há evidência de que a suplementação pode melhorar o desempenho em atletas. Logo, a vitamina D não deve ser recomendada como recurso ergogênico, mas para correção de deficiências e melhora da saúde geral dos atletas.

**Palavras-chave:** Vitamina D. Deficiência. Suplementação. Desempenho Atlético.

1 - Nutricionista especialista em Nutrição, Metabolismo e Fisiologia do Exercício Físico pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP, Ribeirão Preto-SP, Brasil.

**ABSTRACT**

Vitamin D and sport: deficiency, supplementation and effects on performance

Vitamin D seems to play an important role in muscle function. The literature points out that low levels of this vitamin in athletes can lead to a higher risk of stress fracture, in addition to impairing muscle function and recovery. This work aims to identify the implications of vitamin D deficiency in sport and to analyze the effects of supplementation on blood levels and athletic performance. In this narrative review of the literature, a search for scientific articles was carried out in Pubmed and Virtual Health Library (VHL) databases. The role of vitamin D is related to bone health, immunomodulatory action, acting on immunity, inflammation, in addition to acting on molecular pathway actions in muscles. Studies show high rates of vitamin D insufficiency and deficiency in athletes from different sports. The reduced levels of this vitamin are observed mainly in athletes who practice indoor sports. In addition, insufficiency and deficiency are more frequent in the winter months. Despite the high rates, vitamin D deficiency does not appear to significantly impact the performance of athletes. Clinical studies with several vitamin D supplementation protocols in athletes point to a considerable improvement in the nutritional status of this vitamin, however, when analyzing performance parameters, this improvement is not significantly observed. There is no evidence that supplementation can improve performance in athletes. Therefore, vitamin D should not be recommended as an ergogenic aid, but to correct deficiencies and improve the general health of athletes.

**Key words:** Vitamin D. Deficiency. Supplementation. Athletic performance.

2 - Doutor em Educação Física pela Escola de Educação Física e Esporte-USP, São Paulo, São Paulo, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A vitamina D foi descoberta em 1920 pelo fisiologista britânico Edward Mellanby. Desde sua descoberta, estudos científicos vêm reconhecendo diversas funções essenciais que a vitamina D desempenha para a biologia dos animais superiores.

Embora seja chamada de vitamina D, muitos pesquisadores a consideram como um pró-hormônio.

Na natureza ela pode ser encontrada na forma de vitamina D2 (ergocalciferol) e vitamina D3 (colecalfiferol). Ela está presente em alguns alimentos como óleo de fígado de bacalhau, peixes, leite fortificado, entre outros.

Além de suas fontes alimentares, a vitamina D também pode ser conseguida através de síntese endógena via exposição da pele aos raios ultravioleta- radiação B (UVB) (Cozzolino, 2016).

Para que possa desempenhar seu papel, a vitamina D precisar ser convertida na sua forma ativa através de duas hidroxilações, que ocorrem no fígado e rins (Holick, 2009). Sua principal função está relacionada com o metabolismo de cálcio e fósforo, sendo responsável pela saúde óssea em adultos e crianças.

Entretanto, com a descoberta do receptor de vitamina D em vários outros tecidos, estudos mais recentes têm demonstrado diversas outras funções, como diferenciação celular, função imunomoduladora, dentre outras (Cozzolino, 2016; Holick, 2009).

A vitamina D parece desempenhar papel importante na função muscular. A literatura aponta que níveis baixos dessa vitamina em atletas podem levar a maior risco de fratura por estresse, além de prejudicar a função e recuperação musculares, com possível prejuízo para a performance (Moran e colaboradores, 2013; Yagüe e colaboradores, 2020).

São diversos os estudos que mostram alta prevalência de deficiência em atletas das mais variadas modalidades esportivas (Close e colaboradores, 2013; Backx e colaboradores, 2016).

Dada a importância dessa vitamina para saúde e desempenho do atleta e a alta prevalência de deficiência nessa população, esse trabalho objetiva identificar as implicações da deficiência de vitamina D no esporte, bem como analisar os efeitos da suplementação

sobre níveis sanguíneos e performance atlética.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta revisão narrativa da literatura, uma busca foi realizada através de livros, diretrizes e artigos periódicos e científicos disponíveis nas bases de dados Pubmed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). O termo pesquisado foi “vitamin D”, exclusivamente em inglês e relacionado individualmente com “deficiency”, “athlete”, “sport” e “performance”.

Além disso, quando pertinente, a técnica de snowballing, recomendada por alguns autores como forma de identificar demais artigos relevantes ao tema foi aplicada (Pimentel e colaboradores, 2019).

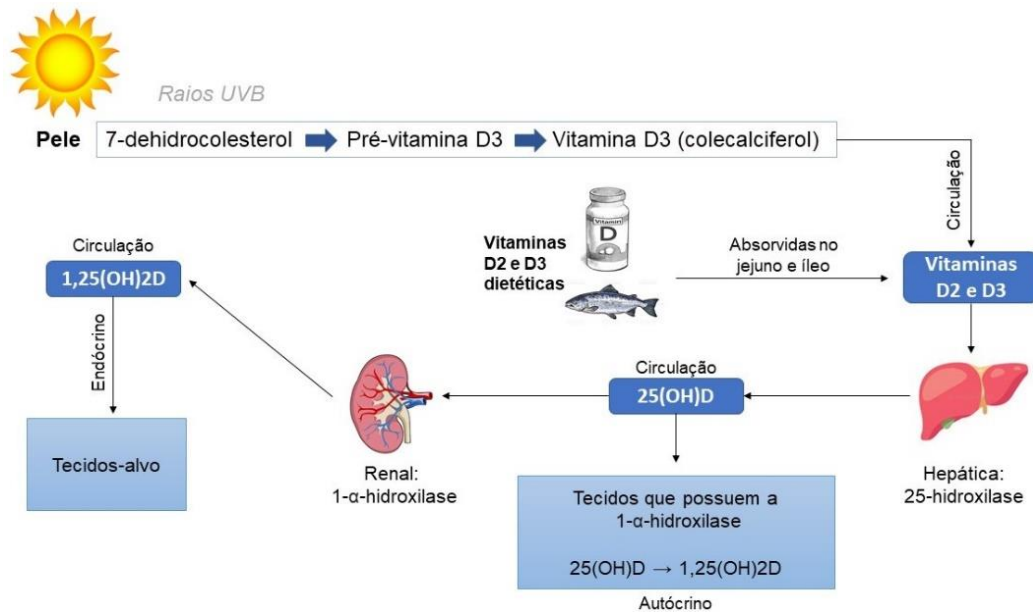
## RESULTADOS

### Metabolismo e funções da vitamina D

Os raios solares, particularmente os de radiação ultravioleta B (UVB) são responsáveis pela ativação da síntese cutânea de vitamina D. Nesse processo, os raios UVB convertem o 7-deidrocolesterol presente na pele em pré-vitamina D3. Em seguida, ocorre isomerização térmica que converte a pré-vitamina D3 em vitamina D3 (colecalfiferol) (Owens, Fraser, Close, 2014).

Tanto a vitamina D3 sintetizada na pele, como vitaminas D2 e D3 ingeridas através da dieta são transportadas na circulação através da proteína ligadora de vitamina D (DBP). Para desempenhar suas funções, a vitamina D precisa passar por duas hidroxilações. A primeira ocorre no fígado, no carbono de posição 25, através da ação da enzima 25-hidroxilase, formando 25-hidróxivitamina D [25(OH)D], também chamada de calcidiol. Posteriormente, esse composto vai sofrer a segunda hidroxilação nos rins, no carbono de posição 1, pela ação da enzima 1- $\alpha$ -hidroxilase, dando origem à 1,25-dihidróxivitamina D [1,25(OH)2D], sua forma metabolicamente ativa, também chamada de calcitriol. Outros tecidos também expressam essa enzima e podem realizar a segunda hidroxilação, como pele, linfonodos, cólon, pâncreas, cérebro e placenta. A 1,25(OH)2D pode então desempenhar suas funções nos tecidos que possuem o receptor de vitamina D (VDR) (Owens, Fraser, Close, 2014; Holick, 2009; Zehnder e colaboradores, 2001). A

Figura 1 mostra de forma esquemática esse processo.



**Figura 1** - Esquema da ativação da vitamina D e vias metabólicas.  
 Fonte: Adaptado de Owens, Fraser, Close (2014).

Os VDRs podem ser encontrados em órgãos e tecidos, como esqueleto, sistema linfático, trato gastrointestinal, trato urinário, músculos, sistema nervoso, sistema reprodutivo, pele e sistema endócrino (Cozzolino, 2016).

As principais e mais conhecidas funções da vitamina D são a manutenção das concentrações normais de cálcio e fósforo no sangue bem como deposição e absorção ósseas. Isso ocorre devido a um aumento na absorção desses minerais pelo intestino delgado e regulação da atividade dos osteoblastos e osteoclastos nos ossos. Sendo assim, a 1,25(OH)2D atua aumentando a absorção intestinal e reduzindo a excreção de cálcio pelos rins, via aumento de sua reabsorção renal nos túbulos distais, bem como mobilização dos minerais nos ossos (Cozzolino, 2016; Guyton, Hall, 2011).

A vitamina D tem efeito importante sobre o sistema imune, podendo afetar tanto a imunidade inata quanto adquirida. Isso ocorre pelo fato de os VDRs estarem presentes em diversas células do sistema imunológico, como neutrófilos, macrófagos, e células dendríticas (Ksiazek, Zagrodna, Slowinska-Lisowska, 2019).

O papel imunomodulador se dá pela ação da vitamina no aumento da expressão

gênica de peptídeos antimicrobianos de amplo espectro (AMP), que são importantes reguladores da imunidade inata. Os AMPs, incluindo catelicidinas, são proteínas essenciais ao sistema imune, pois ajudam na defesa contra agentes invasores que podem causar gripes, resfriados, outras infecções oportunistas agudas, e até mesmo tuberculose; seu mecanismo de ação envolve a quebra da integridade das membranas celulares dos patógenos invasores (Halliday e colaboradores, 2011; Owens, Alisson, Close, 2018).

Já seu papel na imunidade adquirida está relacionado a sua ação anti-inflamatória e supressora da atividade de células efetoras do sistema imune.

Nas células T, por exemplo, suas ações resultam na supressão das células T helper do tipo 1 (Th1) e indução das do tipo 2 (Th2), inibição da produção de citocinas inflamatórias como interleucina 2 (IL-2) e interferon-gama (IFN-γ) pelas células Th1, supressão do desenvolvimento de células Th17, bem como citocinas produzidas por elas (He e colaboradores, 2016).

Ela age ainda suprimindo a produção e diferenciação dos precursores de células B. Essa atividade de supressão da vitamina D pode prevenir excesso de inflamação e resposta imunológica exacerbada após

ativação de células T (He e colaboradores, 2016).

A vitamina D pode aumentar a produção de diversas moléculas anti-inflamatórias ou citocinas, como fator de crescimento transformador (TGF) e interleucina 4 (IL-4), enquanto age na redução de citocinas pró-inflamatórias como fator de necrose tumoral (TNF) e interleucina 6 (IL-6) (Larson-Meyer, 2013).

Há estudos que mostram relação entre deficiência de vitamina D e aumento na incidência de infecções respiratórias. Sendo assim, a manutenção de um estado nutricional adequado dessa vitamina pode reduzir riscos de doenças infecciosas, o que impactaria negativamente os treinos e a performance dos atletas (Halliday e colaboradores, 2011; Owens, Alisson, Close, 2018).

No músculo, a 1,25(OH)<sub>2</sub>D atua em ações em vias moleculares, resultando em efeitos genômicos e não-genômicos. Os efeitos genômicos ocorrem após a ligação da 1,25(OH)<sub>2</sub>D em seu receptor no núcleo celular, ocasionando mudanças na transcrição de diversos genes e posterior síntese proteica. A ativação do VDR promove heterodimerização entre receptor retinóico (RXR) e o VDR ativo. Através da produção desse heterodímero, a interação entre receptores com estrutura do tipo “zinc fingers” e DNA é facilitada, ativando o processo de transcrição gênica. Tem sido evidenciado que essa via genômica influencia o metabolismo de fosfolípidios, captação de cálcio e transporte de fosfato pela membrana nos músculos (Ceglia, 2008).

Tanto experimentos realizados in vitro como in vivo têm demonstrado que a 1,25(OH)<sub>2</sub>D pode regular a captação de cálcio no músculo, modulando a atividade das bombas de cálcio no sarcolema e retículo sarcoplasmático. O influxo de cálcio também é controlado por ela através dos canais de cálcio dependentes de voltagem. Essa modificação nas concentrações de cálcio intracelular controlam os processos de contração e relaxamento muscular (Ceglia, 2008).

Os efeitos não-genômicos regulados pelo receptor da superfície celular também parecem afetar a contração muscular, pois resultam em influxo de íons de cálcio na célula e regulam concentrações de cálcio intra e extracelular (Ceglia, 2008).

É possível ainda que a vitamina D esteja relacionada com o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx), já que pode afetar o

transporte e utilização de oxigênio em diversos tecidos (Ksiazek, Zagrodna, Slowinska-Lisowska, 2019).

Um trabalho com estudantes fisicamente ativos demonstrou que os indivíduos com níveis superiores a 35 ng/mL de 25(OH)D possuíam VO<sub>2</sub> máx mais alto, quando comparados a indivíduos com níveis mais baixos da vitamina (Forney e colaboradores, 2014).

Já um estudo com 52 jogadores profissionais de hóquei no gelo não demonstrou relação alguma entre níveis de 25(OH)D e VO<sub>2</sub> máx (Fitzgerald e colaboradores, 2014).

É possível que a relação entre vitamina D e consumo de oxigênio seja menos perceptível em atletas de elite quando comparada com indivíduos que praticam esportes por lazer (Ksiazek, Zagrodna, Slowinska-Lisowska, 2019).

O mecanismo pelo qual a vitamina D pode aumentar o VO<sub>2</sub> máx ainda não está bem claro. Entretanto, parece estar relacionado à ativação do citocromo P450 (CYP) pela 1,25(OH)<sub>2</sub>D. Isso porque o CYP possui o heme como grupo prostético, o que pode aumentar a afinidade do oxigênio pela hemoglobina. (Ksiazek, Zagrodna, Slowinska-Lisowska, 2019).

Além do seu papel reconhecido da vitamina D na saúde dos ossos para adultos e crianças, hoje sabemos de sua importância também na prevenção de doenças crônicas como câncer, doenças cardiovasculares e autoimunes (Holick, 2009).

#### **Avaliação do estado nutricional de vitamina D**

A forma mais adequada para realizar avaliação do estado nutricional de vitamina D é através da mensuração dos níveis circulantes de 25(OH)D, que possui uma meia vida de 2 a 3 semanas (Holick e colaboradores, 2011; Owens, Alisson, Close, 2018).

Apesar do 1,25(OH)<sub>2</sub>D ser a forma biologicamente ativa da vitamina D, sua mensuração não é recomendada, salvo em alguns casos clínicos específicos, pois sua meia vida é de aproximadamente 4 horas e seus níveis circulantes não refletem os estoques dessa vitamina no corpo (Holick e colaboradores, 2011).

Não há consenso na literatura sobre valores de corte para suficiência, insuficiência e deficiência de vitamina D, sendo esse assunto

motivo de constante debate na literatura. A diretriz da Endocrine Society estabeleceu valores de concentração sérica de 25(OH)D para guiar profissionais quanto ao diagnóstico (Holick e colaboradores, 2011).

Tais valores, no entanto, são diferentes daqueles sugeridos pelo Institute of Medicine, que adota níveis menores para a classificação de diagnóstico (Institute of Medicine, 2011).

Esses pontos de corte são discutíveis, pois pesquisadores sugerem que esses valores

estão desatualizados e são muito conservadores, além de serem centrados apenas no papel da vitamina D na saúde óssea (Owens, Fraser, Close, 2014; Owens, Alisson, Close, 2018).

A Tabela 1 compara as classificações de estado nutricional de vitamina D segundo concentrações séricas de 25(OH)D sugeridas pelas associações supracitadas.

**Tabela 1** - Classificação do estado nutricional de vitamina D segundo concentrações séricas de 25(OH)D.

Estado de vitamina D	Endocrine Society	Institute of Medicine
Deficiência	< 20 ng/mL	< 12 ng/mL
Insuficiência	20 a 29 ng/mL	12 a 20 ng/mL
Suficiência	30 a 100 ng/mL	> 20 ng/mL

(Holick e colaboradores, 2011; Institute of Medicine 2011).

No presente trabalho, os valores referidos como suficiência, insuficiência e deficiência serão aqueles recomendados pela Endocrine Society.

No Brasil, a Sociedade Brasileira de Patologia Clínica e Medicina Laboratorial em conjunto com a Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia sugerem que a população geral saudável, até os 60 anos, mantenha seus níveis acima de 20 ng/mL, pois níveis inferiores a estes são considerados deficiência.

Já o grupo de risco deve manter seus níveis sanguíneos entre 30 e 60 ng/mL, que inclui idosos, indivíduos com fraturas ou quedas recorrentes, gestantes e lactantes, doenças osteometabólicas, doença renal crônica, diabetes, indivíduos que não se expõem ao sol, entre outras indicações (Sociedade Brasileira De Patologia Clínica, 2018).

A intoxicação por vitamina D pode ser definida através de concentrações superiores à 150 ng/mL, onde há associação com hipercalcemia, hipercalcúria e hiperfosfatemia (Holick, 2009).

A recomendação de níveis superiores máximos e seguros é de até 100 ng/mL (Holick e colaboradores, 2011).

Assim como os valores de corte para avaliar estado nutricional da população em geral, os valores de concentração de 25(OH)D em atletas considerados como ótimos para a performance, ainda são motivos de discussão na literatura científica.

Algumas evidências apontam que atletas devem manter seus níveis de 25(OH)D maiores que 30 ng/mL, preferencialmente acima de 40 ng/mL (Larson-Meyer, 2013; Ogan, Pritchett, 2013).

No que diz respeito a saúde óssea, por exemplo, um estudo apontou que concentrações mais altas que 40 ng/mL estavam relacionadas com menor risco de desenvolvimento de fraturas, sendo esses valores sugeridos pelos autores como adequados para sua prevenção (Burgi e colaboradores, 2011).

Quando os níveis estão abaixo de 40 ng/mL, o corpo depende da reposição diária de vitamina D para satisfazer suas necessidades, algo que não é facilmente atingido considerando-se o padrão alimentar típico da atualidade.

Parece que níveis menores que 40 ng/mL são suficientes apenas para necessidades metabólicas imediatas (Ogan, Pritchett, 2013).

Além disso, a vitamina D só começa a ser estocada no tecido adiposo ou muscular para uso futuro quando atinge níveis entre 40 e 50 ng/mL (Cannell e colaboradores, 2009).

Um estudo que ofertou suplementação de colecalciferol em atletas deficientes em vitamina D demonstrou um aumento das concentrações plasmáticas de 25(OH)D após a intervenção. Os níveis sanguíneos alcançaram uma média de 41,2 ng/mL, e se relacionou com melhora da performance nesses indivíduos,

quando comparados ao placebo (Close e colaboradores, 2012).

Nos próximos tópicos, o tema suplementação será abordado com mais profundidade, e a relação entre concentrações plasmáticas de 25(OH)D e performance será melhor explorada.

Para uma avaliação mais profunda do estado nutricional de vitamina D, outros parâmetros além das concentrações de 25(OH)D devem ser analisados.

Antropometria (idade, peso, altura, percentual de gordura corporal, Índice de Massa Corporal), exames laboratoriais (PTH, fosfatase alcalina, cálcio e fósforo séricos, TSH), histórico clínico de dor óssea, fraturas ósseas e por estresse, dores e fraquezas musculares, lesão crônica, fotossensibilidade, câncer de pele, uso de medicação como anticonvulsivantes, corticosteroides, orlistat, diuréticos tiazídicos são fatores também importantes.

No exame físico, deve-se observar presença de dor muscular idiopática, função intestinal, pigmentação da pele e contra-indicação de exposição à luz solar. Também devem ser levados em conta fatores dietéticos (ingestão de vitamina D, suplementos, cálcio, fósforo, magnésio, vitaminas A, C e K, ácidos graxos ômega 6 e 3), estilo de vida e ambiente, regime de treinamento e sua relação com exposição solar, local do treinamento em relação a clima, latitude, altitude, uso de protetor solar, vestimenta e uniforme, exposição solar (tempo, frequência e horário do dia) (Larson-Meyer, Willis, 2010).

### **Prevalência e consequências da deficiência de vitamina D em atletas**

Durante a infância e até mesmo no útero, a deficiência de vitamina D pode desencadear retardo no crescimento, bem como deformidades esqueléticas.

Além disso a deficiência também está associada com risco de fratura no quadril na fase adulta. Em adultos, a deficiência pode piorar os quadros de osteopenia e osteoporose. Além de poder causar osteomalácia, é possível observar também aumento no risco de fraturas. (Holick, 2007).

Tem sido demonstrado que níveis baixos de vitamina D em atletas podem estar relacionados com redução da capacidade muscular de regeneração, funções muscular,

imune e cardiovascular prejudicadas, além de prejuízo na saúde óssea (Owens, Fraser, Close, 2014).

Quando as concentrações de 25(OH)D no sangue ficam abaixo dos níveis considerados adequados, há um aumento na secreção de PTH. O aumento desse hormônio faz com que haja reabsorção óssea, resultando em aumento da disponibilidade de cálcio para outros tecidos. Sendo assim, níveis reduzidos de vitamina D podem levar a um risco maior de desenvolvimento de lesões ósseas em atletas, devido ao aumento do turnover ósseo (Yagüe e colaboradores, 2020).

Tanto a preocupação com os efeitos prejudiciais da radiação solar, como mudança no padrão de atividades para o tipo indoor são consideradas como algumas das causas para insuficiência de vitamina D na população.

Estação do ano, latitude, cor da pele, poluição, uso de protetor solar e vestimenta são alguns dos fatores que podem contribuir para uma redução na síntese cutânea dessa vitamina (Von Hurst, Beck, 2014).

Atletas estão sob o mesmo risco de desenvolvimento de deficiência de vitamina D do que a população em geral. No entanto, observa-se um risco maior de deficiência naqueles que participam de modalidades indoor e, portanto, passam boa parte do tempo em ambientes protegidos da luz solar (Von Hurst, Beck, 2014).

Estudos mostram que níveis menores que 20 ng/mL são comuns nessa população, em especial durante meses de inverno (Todd e colaboradores, 2014).

Pesquisadores de Barcelona avaliaram 408 atletas de elite de 34 modalidades esportivas com objetivo de identificar o estado nutricional de vitamina D e relacionar com estação do ano e ambiente de treinamento.

Eles observaram que a concentração média de 25(OH)D dos atletas foi de 22,6 ng/mL. Oitenta e dois por cento dos atletas possuíam níveis menores que 30 ng/mL, 45% possuíam deficiência moderada, com níveis abaixo de 20 ng/mL e 6% apresentaram deficiência severa, com níveis menores que 11 ng/mL.

O estudo mostra ainda que níveis de 25(OH)D foram mais altos nos atletas que treinam em ambientes outdoor, quando comparados com aqueles que treinam indoor. No entanto, os autores observaram que, mesmo no verão, quando há maior exposição solar, 87% dos atletas apresentaram

insuficiência de vitamina D (Valtueña e colaboradores, 2014).

Esses resultados mostram o quanto níveis de vitamina D costumam ser inadequados também na população atlética, e mesmo durante os meses em que há maior exposição solar, é possível que haja alta prevalência de insuficiência e deficiência.

Cabe ressaltar que o estudo não incluiu grupo controle não-atleta, não sendo possível afirmar se os resultados obtidos são específicos da população estudada ou não, caracterizando uma certa limitação.

Apesar disso, é importante que a equipe profissional que acompanha o atleta realize avaliações periódicas, já que muitas vezes a insuficiência de vitamina D pode ser assintomática.

Pesquisadores de Israel buscaram avaliar a prevalência de insuficiência de vitamina D em 98 atletas e dançarinos. Os resultados mostraram uma alta taxa de insuficiência, presente em 73% dos atletas avaliados. Ao comparar o estado nutricional de vitamina D dos atletas entre as modalidades de esportes dos tipos outdoor e indoor, os autores observaram que 48% dos atletas de modalidades outdoor (tênis, futebol, corrida, triatlão e vela) possuíam insuficiência.

Por outro lado, nas modalidades indoor (dança, basquete, natação, Taekwondo, judô, ginástica e tênis de mesa) foi observada insuficiência em 80% dos atletas. Os atletas de modalidades esportivas do tipo indoor tiveram taxas de insuficiência quase duas vezes maiores quando comparadas com os do tipo outdoor.

Além disso, os autores observaram que os níveis de vitamina D foram mais baixos nos atletas que coletaram as amostras sanguíneas nos meses de inverno (Constantini e colaboradores, 2010).

Esse é mais um estudo que mostra diferença significativa nos níveis de vitamina D entre atletas que treinam indoor e os que treinam outdoor, além do claro papel dos meses de inverno nos níveis de vitamina D. É muito provável, portanto, que níveis maiores observados nesses atletas sejam devido à maior exposição solar.

Um trabalho epidemiológico descritivo analisou os níveis plasmáticos de vitamina D de 278 jogadores profissionais de basquete, por meio de dados obtidos pela Associação Nacional de Basquete (NBA) dos Estados

Unidos. A mensuração dos níveis de 25(OH)D foi realizada entre os anos de 2009 e 2013.

Os autores observaram deficiência em 32,2% dos atletas, insuficiência em 41,2% dos atletas, enquanto apenas 26,5% eram suficientes (Grieshaber e colaboradores, 2018).

Com 73,4% dos atletas possuindo concentrações sanguíneas abaixo da normalidade, é possível concluir que esse estudo confirma a alta prevalência de inadequação de vitamina D na população atlética.

Kim e colaboradores (2019) buscaram analisar o estado de vitamina D de 52 atletas jovens profissionais de volleyball e relacionar com a força muscular do ombro. Os pesquisadores observaram que 26,9% dos atletas possuíam deficiência de vitamina D, 46,2% possuíam insuficiência e 26,9% eram suficientes.

Apesar de 73,1% dos atletas possuírem baixos níveis de vitamina D, isso não refletiu em redução significativa de força muscular do ombro quando comparada com os atletas que possuíam níveis considerados suficientes. Como discutido anteriormente, a vitamina D parece ter diversas funções no músculo esquelético.

Entretanto, os resultados desse estudo mostram que mesmo naqueles atletas que possuíam baixos níveis de vitamina D, não houve redução de força muscular. Os autores sugerem que o fato de os atletas serem de altíssimo rendimento e serem altamente treinados pode ter influenciado nos resultados, pois atletas desse nível têm margens muito pequenas para melhora da força muscular. Isso poderia ter mascarado os efeitos da deficiência da vitamina no músculo.

Além disso deve-se considerar que apenas o músculo do ombro foi analisado, enquanto a vitamina D também pode afetar outros músculos.

Em estudo retrospectivo, Vitale e colaboradores (2018) avaliaram o estado nutricional de vitamina D de 152 esquiadores italianos profissionais. Os pesquisadores observaram que 77 esquiadores (50,7%) apresentaram insuficiência e 45 (29,6%) demonstraram deficiência.

Os autores concluíram que as concentrações de 25(OH)D seguem uma associação clássica com as estações do ano, onde atingem seu pico no verão e reduzem no inverno.

Outro ponto que os autores ainda destacaram é a hipótese de a atividade física não exercer efeito algum sobre metabolismo de vitamina D, constatando que os determinantes dos níveis dessa vitamina na população em geral são também válidos para os atletas.

Logo, estação do ano e exposição solar, treinamentos indoors, latitude, cor da pele, vestimenta, uso de filtro solar, etc. ainda são os principais fatores relacionados ao risco maior de insuficiência e deficiência de vitamina D em atletas.

Em um estudo coreano com 36 jogadores profissionais de basquete, os autores objetivaram associar as concentrações plasmáticas de 25(OH)D com força muscular de membros inferiores. Os resultados obtidos mostraram que 30,5%, 41,7% e 27,8% dos atletas possuíam deficiência, insuficiência e suficiência, respectivamente.

Os jogadores foram divididos em três grupos de acordo com as concentrações de vitamina D no sague. As forças de tornozelos e joelhos foram avaliadas através de dinamômetro, e os autores não encontraram nenhum tipo de associação significativa entre força muscular e concentrações de 25(OH)D em nenhum dos grupos (Kim e colaboradores, 2020).

Esses dados indicam que, mesmo com a maioria dos atletas possuindo algum grau de deficiência de vitamina D, isso não se refletiu em redução de força muscular. Os autores sugerem que o método de avaliação pode ter interferido nos resultados. Segundo eles, a deficiência de vitamina D pode resultar em redução das fibras musculares do tipo II.

Esse tipo de fibra produz contrações musculares mais rápidas e promovem mais força do que as do tipo I, além de estarem relacionadas com movimentos como saltos e sprints. Os autores relatam que o equipamento isocinético utilizado no estudo foi mais consistente em avaliar as fibras do tipo I do que as do tipo II, e acreditam que isso pode ter influenciado no resultado.

Mehran e colaboradores (2016) avaliaram as concentrações plasmáticas de 25(OH)D de 105 jogadores de hóquei da Liga Nacional de Hóquei dos Estados Unidos e obtiveram resultados diferentes. Esse estudo transversal mostrou que a média dos níveis sanguíneos de vitamina D foi de 45,8 ng/mL.

Interessantemente, um total de 91 jogadores (87%) foram considerados suficientes, 14 jogadores (13,3%) foram

considerados insuficientes e nenhum jogador obteve níveis abaixo de 20 ng/mL, ou seja, deficiente.

No entanto, os autores observaram que apenas 68 jogadores (64,8%) apresentavam níveis maiores que 40 ng/mL. Apesar dos resultados animadores, os pesquisadores apontam algumas limitações do estudo e possíveis causas desses valores.

Um ponto importante a se considerar, por exemplo, é que 98% dos jogadores eram brancos. Essa informação é relevante, pois quanto mais escura a pele, maior quantidade de melanina o indivíduo possui.

Uma vez que melanina filtra a radiação solar, atletas de pele mais escura podem precisar de um tempo de exposição aos raios UVB até dez vezes maior para gerar a mesma quantidade de vitamina D, quando comparados aos atletas de pele mais clara (Cannell e colaboradores, 2009).

As amostras de sangue foram coletadas após os meses de verão, durante os quais a exposição solar pode ter sido adequada. Além disso, o estudo não analisou se os atletas estavam utilizando algum tipo de suplementação (Mehran e colaboradores, 2016).

É possível observar elevada prevalência de insuficiência e deficiência de vitamina D em atletas de diversas modalidades esportivas. Os estudos mostram que a prevalência é maior entre os que treinam indoor comparados com os que treinam outdoor.

Parece, portanto, que um dos fatores mais importantes que influencia o estado nutricional de vitamina D é a exposição solar.

Apesar de existir atualmente na literatura dados que demonstram diversos papéis da vitamina D na função muscular, isso nem sempre se reflete em alterações na força muscular, mesmo naqueles com algum grau de deficiência.

Embora alguns estudos não mostrem redução da força muscular decorrente da deficiência de vitamina D em atletas, é importante que se faça avaliação do estado nutricional dessa vitamina periodicamente, pois níveis adequados de vitamina D estão relacionados à menor incidência de diversas patologias e podem influenciar na saúde geral dos atletas.



### Efeitos da suplementação de vitamina D em atletas

Um estudo dose-resposta, randomizado e duplo-cego objetivou analisar o impacto da suplementação de vitamina D em atletas holandeses altamente treinados durante o período de 1 ano e identificar a melhor dose para prevenir a deficiência (Backx e colaboradores, 2016).

Cento e vinte e oito atletas foram inicialmente recrutados e aproximadamente 70% deles possuíam algum grau de deficiência vitamínica de base. É válido ressaltar que a coleta de sangue foi realizada no final do inverno.

Destes atletas, 54 homens e 48 mulheres que possuíam insuficiência ou deficiência de vitamina D foram aleatoriamente distribuídos em grupos que receberiam doses de 400, 1100 ou 2200 UI diárias de vitamina D durante 1 ano, enquanto os atletas que eram suficientes foram acompanhados, porém não receberam suplementação.

Os resultados mostraram que após 1 ano de suplementação, a dose de 2200 UI/dia foi a que mostrou melhor eficiência no aumento dos níveis de 25(OH)D quando comparada com os demais grupos. Aumento esse observado em 85% dos atletas suplementados após 3 meses de intervenção.

Destes, 80% mantiveram a suficiência com essa dose ao longo de todo o ano (Backx e colaboradores, 2016). Este estudo mostra que doses por volta de 2200 UI são mais efetivas e podem ser suficientes para aumentar as concentrações plasmáticas de 25(OH)D em atletas que possuem insuficiência e deficiência, não sendo necessárias megadoses para alcançar a suficiência.

Um estudo duplo-cego, randomizado, controlado por placebo reuniu 24 atletas corredores competidores de ultramaratonas (Zebrowska e colaboradores, 2020). O objetivo foi avaliar os efeitos da suplementação de vitamina D sobre os níveis séricos de 25(OH)D, biomarcadores musculares (troponina, mioglobina, creatina quinase e lactato desidrogenase), IL-6, TNF- $\alpha$  e performance. Os atletas receberam 2000 UI de colecalciferol ou placebo. Nenhum atleta possuía deficiência de vitamina D. Todos foram submetidos a três protocolos, a saber: teste de desempenho para avaliar nível atual dos atletas e intensidade do exercício excêntrico contínuo, exercício excêntrico contínuo antes da intervenção e exercício excêntrico contínuo após intervenção.

Os resultados mostraram que o grupo intervenção teve um aumento na concentração plasmática de 25(OH)D e uma redução considerável nos níveis de biomarcadores de dano muscular e citocinas pró-inflamatórias pós-exercício, principalmente após período de 24 horas de recuperação. Os autores sugerem que os níveis reduzidos desses biomarcadores somados à melhora do estado de vitamina D podem ter reduzido o tempo de recuperação de exercício excêntrico nos atletas.

Eles ainda concluíram que a suplementação de vitamina D pode ser efetiva para melhora de função muscular de atletas, bem como prevenir lesões musculares (Zebrowska e colaboradores, 2020).

Como explanado anteriormente, a vitamina D parece afetar tanto a função muscular como a inflamação, e esse estudo mostrou que de fato a suplementação pode reduzir marcadores inflamatórios.

Além disso, o que esse trabalho sugere é que mesmo em indivíduos que não possuem deficiência de vitamina D, a suplementação pode trazer benefícios adicionais.

Um grupo de pesquisadores (Wyon e colaboradores, 2013) recrutaram 24 atletas de elite dançarinos de ballet clássico com o intuito de avaliar a suplementação de vitamina D durante o inverno.

Todos os dançarinos possuíam insuficiência ou deficiência de vitamina, segundo informações coletadas no ano anterior. Os dançarinos foram divididos em um grupo de intervenção, que recebeu 2000 UI de vitamina D por dia durante 4 meses e um grupo controle não randomizado.

A força muscular isométrica e altura de salto vertical foram mensurados tanto antes como após a intervenção. Os resultados mostraram melhora de 19% na força muscular do quadríceps dos dançarinos que receberam suplementação, bem como aumento no salto vertical de 7%. Outro ponto importante foi que o grupo intervenção apresentou menos lesões durante o estudo quando comparado com o grupo controle.

Vale ressaltar que esse estudo teve algumas limitações, como o fato de não ter sido randomizado, nem ter sido duplo-cego controlado por placebo, além de os pesquisadores não terem avaliado as concentrações plasmáticas de 25(OH)D após a intervenção de suplementação (Wyon e colaboradores, 2013).

A suplementação com dose relativamente baixa de vitamina D nesses atletas profissionais levou a uma melhora considerável no desempenho. É possível especular que a correção da deficiência tenha refletido na performance após a intervenção. Entretanto, é prudente levar consideração as limitações metodológicas do estudo.

Outra equipe de pesquisadores reuniu 30 atletas de clubes universitários com o objetivo de avaliar o estado nutricional de vitamina D e correlacionar a sua suplementação com performance atlética através de um estudo dose-resposta, duplo-cego e randomizado (Close e colaboradores, 2013).

Destes indivíduos, 57% possuíam uma deficiência de base, ou seja, valores menores do que 20 ng/mL. Os participantes foram divididos aleatoriamente em três grupos distintos, um grupo que recebeu 20,000 UI de colecalciferol uma vez por semana durante 12 semanas, outro grupo que recebeu 40,000 UI uma vez por semana, durante o mesmo período ou grupo placebo.

Um aumento nas concentrações sanguíneas de 25(OH)D maior que 30 ng/mL foi observado nos dois grupos de intervenção, enquanto uma redução significativa foi observada no grupo placebo.

Não foi observada nenhuma vantagem quanto ao grupo que recebeu dose de 40,000 UI sobre o grupo que recebeu 20,000 UI em relação aos níveis de vitamina D após 12 semanas. Os testes de performance realizados foram sprints de 20 metros, saltos verticais e testes de força máxima.

Embora a suplementação tenha aumentado as concentrações de 25(OH)D em ambos os grupos, nenhum dos dois apresentou melhoras no desempenho. Os autores especulam que é possível que a concentração de 25(OH)D obtida pelos atletas não tenha sido suficiente para obter função muscular ótima. Eles sugerem ainda que futuros estudos podem se beneficiar de protocolos de suplementação que alcancem níveis plasmáticos maiores que 40 ng/mL (Close e colaboradores, 2013).

Esse estudo mostra que a dose de 20,000 UI semanais é tão efetiva para aumentar os níveis de vitamina D quanto a dose de 40,000, logo, altas doses não trazem benefícios adicionais.

Apesar de todos os atletas terem alcançado a suficiência, isso não refletiu em melhora da performance. Os autores ainda

consideram que efeitos da suplementação de vitamina D podem ser mais pronunciados e detectáveis em idosos, em especial os que possuem sarcopenia, do que em indivíduos jovens, saudáveis e fisicamente ativos.

Uma equipe de pesquisadores recrutou inicialmente 80 adolescentes nadadores competidores com idade entre 12 e 18 anos (Dubnov-Raz e colaboradores, 2015).

Ao avaliar as concentrações séricas de 25(OH)D observaram que cinquenta e três (66%) desses atletas possuíam insuficiência de vitamina D (24,4 ng/mL). Esses 53 participantes foram divididos de forma randomizada entre grupos placebo e grupo que recebeu 2000 UI por dia de vitamina D durante 12 semanas. Os parâmetros de performance mensurados foram desempenho na natação, força e equilíbrio. Ao final do estudo os autores notaram que todos os participantes do grupo suplementado aumentaram suas concentrações de vitamina D no sangue, embora apenas 48% desses participantes tenham se tornado suficientes. Já no grupo placebo, as concentrações reduziram ao longo do período do estudo. Nenhuma melhora significativa dos parâmetros de performance foi observada nos participantes suplementados. Os autores acreditam que as concentrações basais relativamente altas de 25(OH)D, ainda que consideradas insuficientes, podem ter resultado em uma dose-resposta menor do que seria esperada em uma deficiência mais acentuada.

Além disso, é possível que o aumento nas concentrações de vitamina D tenham sido insuficientes para se traduzirem em melhora da performance (Dubnov-Raz e colaboradores, 2015). É provável que adolescentes atletas necessitem de doses mais altas que 2000 UI para corrigirem a insuficiência e alcancem a suficiência ou serem suplementados por um período mais longo. Embora menos da metade dos atletas tenha aumentado as concentrações de vitamina D para níveis satisfatórios, eles não apresentaram melhora na performance. É possível que a insuficiência não tenha impacto tão grande no desempenho de atletas. Especialmente pelo fato de o desempenho ser multifatorial, a vitamina D como fator minoritário isolado, não causou nenhum impacto perceptível.

Uma metanálise buscou relacionar o papel da suplementação de vitamina D sobre níveis séricos de 25(OH)D e força muscular em atletas. Cinco ensaios clínicos randomizados controlados por placebo foram inclusos, que

somaram um total de 163 atletas participantes. Os resultados mostraram que a suplementação foi efetiva para aumentar os níveis séricos de vitamina D. Os autores concluíram que uma dose de 2872 UI diárias, no inverno, durante o período de 8 a 12 semanas pode ajudar atletas insuficientes a alcançarem a suficiência, e que a suplementação de 5000 UI diárias durante 4 semanas é capaz de levar os atletas da deficiência até a suficiência. Entretanto, não observaram efeito significativo associando suplementação de vitamina D e força muscular.

Um ponto ressaltado pelos autores é que os resultados relacionados à força muscular podem ter sido influenciados pelo reduzido tamanho amostral (Han e colaboradores, 2019).

Este trabalho mostra que a suplementação com vitamina D é eficiente para aumentar as concentrações de 25(OH)D no sangue, sendo capaz de levar indivíduos insuficientes e deficientes à suficiência.

Porém, através dos estudos apresentados nessa metanálise, não podemos concluir que a suplementação tenha efeito na melhora da força em atletas.

Outra metanálise objetivou avaliar os efeitos da suplementação de vitamina D sobre os níveis de 25(OH)D circulantes e performance em atletas. Treze ensaios clínicos randomizados controlados por placebo foram inseridos neste trabalho, perfazendo um total de 532 atletas inclusos. Esse trabalho apontou que, em se tratando de atletas que habitam regiões onde a latitude impossibilita adequada exposição solar, a suplementação de vitamina D com doses maiores que 3000 UI são necessárias para levar as concentrações de 25(OH)D da insuficiência para a suficiência em meses de inverno. Já a ingestão contínua de doses menores que 2000 UI podem levar à suficiência durante a primavera e verão, em todas as regiões geográficas, mantendo valores adequados ao longo do inverno. Neste estudo, apesar dos atletas terem alcançado a suficiência, isso não refletiu em melhora significativa da performance. Os autores sugerem que o tamanho das amostras dos estudos, a grande heterogeneidade da população estudada, bem como diversidade de modalidades esportivas e as várias formas de mensuração da performance podem ter influenciado nos resultados (Farrokhyar e colaboradores, 2017).

É possível observar a diversidade dos resultados obtidos nos estudos clínicos

disponíveis na literatura a respeito da suplementação de vitamina D em atletas. O fato de os resultados serem muito heterogêneos torna difícil fazer qualquer tipo de generalização.

No entanto, quando se trata do papel da suplementação de vitamina D no aumento das concentrações de 25(OH)D e correção de insuficiência e deficiência em atletas, ainda que diferentes protocolos de doses e tempo de suplementação sejam observados, os resultados são mais concretos. A vitamina D parece não ter efeito importante sobre a performance.

Embora atletas em deficiência alcancem a suficiência através a suplementação, isso parece não se traduzir em melhora de parâmetros de desempenho.

Um ponto importante que deve ser ressaltado é que os estudos, habitualmente, suplementam apenas vitamina D em atletas, deficientes ou não, sem levar em conta outros fatores que podem interferir na ação da vitamina D, como é o caso do magnésio. Várias etapas do metabolismo dessa vitamina dependem da presença de magnésio, pois ele atua como cofator para reações tais como: ligação da vitamina D ao DBP, 25-hidroxilação, 1- $\alpha$ -hidroxilação e ligação da vitamina D ao VDR (Reddy, Edwards, 2019). A deficiência de magnésio parece estar presente tanto na população geral como na população atlética.

Um grupo de pesquisadores brasileiros recrutou 115 alunos universitários não-atletas e analisou as concentrações de magnésio plasmático, magnésio eritrocitário e ingestão dietética desse mineral (Sales e colaboradores, 2014). Os autores observaram que 34% e 17% dos participantes possuíam níveis abaixo dos valores de referência de magnésio plasmático e eritrocitário, respectivamente. Além de probabilidade de ingestão dietética inadequada em 70% das mulheres e 94% dos homens.

Uma equipe de pesquisadores britânicos realizou um estudo com 192 atletas olímpicos e paralímpicos com objetivo de avaliar o estado nutricional de magnésio. A deficiência de magnésio foi observada em 22% dos atletas que possuíam magnésio eritrocitário abaixo do normal (Pollock e colaboradores, 2019).

Logo, dada a importância desse mineral para o adequado metabolismo da vitamina D, é possível concluir que a deficiência de magnésio pode interferir diretamente na ação da vitamina D. Os estudos em geral não

avaliem o estado nutricional de magnésio dos atletas, focando exclusivamente na suplementação de vitamina D.

Pode-se presumir que atletas deficientes em magnésio e que recebem suplementação de vitamina D podem não se beneficiar plenamente dessa suplementação, visto que as etapas do metabolismo podem estar prejudicadas.

Mais estudos clínicos são necessários para avaliar o real papel da vitamina D no desempenho de atletas. É importante que esses estudos considerem não apenas as concentrações de 25(OH)D, mas também avaliem o estado nutricional de magnésio, além de levarem em conta a exposição solar, estação do ano, latitude, cor da pele, vestimenta, entre outros fatores que podem interferir na produção ou metabolismo de vitamina D.

Apesar dos resultados apontarem que a vitamina D não possui efeito importante sobre performance de atletas, é imprescindível que a equipe profissional avalie regularmente o estado nutricional dessa vitamina nos atletas, visto que diversas doenças podem ser prevenidas ao alcançarem níveis adequados dessa vitamina.

## CONCLUSÃO

Altas taxas de insuficiência e deficiência de vitamina D podem ser observadas em diversas modalidades esportivas, no entanto, atletas que treinam em ambientes indoor parecem estar mais propensos a desenvolverem tal carência nutricional.

Apesar de suas altas taxas de prevalência, o desempenho e a força em atletas aparentam não ser prejudicados significativamente pela deficiência.

A suplementação de vitamina D é recomendada àqueles que possuem algum grau de deficiência.

Apesar do uso de diferentes protocolos nos estudos, a suplementação se mostra eficiente no aumento das concentrações de 25(OH)D no sangue.

Entretanto, atualmente não há evidência de que a suplementação pode melhorar o desempenho em atletas.

Logo, a vitamina D não deve ser recomendada como recurso ergogênico, mas para correção de deficiências e melhora da saúde geral dos atletas.

## REFERÊNCIAS

1-Backx, E. M. P.; Tieland, M.; Maase, K.; Kies, A. K.; Mensink, M.; Van Loon, L. J. C.; Groot, L. C. P. G. M. The impact of 1-year vitamin D supplementation on vitamin D status in athletes: A dose-response study. *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 70. Núm. 9. 2016. p. 1009-1014.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27460266/>

2-Burgi, A. A.; Gorham, E. D.; Garland, C. F.; Mohr, S. B.; Garland, F. C.; Zeng, K.; Thompson, K.; Lappe, J. M. High serum 25-hydroxyvitamin D is associated with a low incidence of stress fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*. Vol. 26. Núm. 10. 2011. p. 2371-2377.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21698667/>

3-Cannell, J. J.; Hollis, B. W.; Sorenson, M. B.; Taft, T. N.; Anderson, J. J. Athletic performance and vitamin D. *Medicine & Science in Sports and Exercise*. Vol. 41. Núm. 5. 2009. p. 1102-1110.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19346976/>

4-Ceglia, L. Vitamin D and skeletal muscle tissue and function. *Molecular Aspects of Medicine*. Vol. 29. Núm. 6. 2008. p. 407-414.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18727936/>

5-Close, G. L.; Russel, J.; Cobley, J. N.; Owens, D. J.; Wilson, G.; Gregson, W.; Fraser, W. D.; Morton, J. P. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: Implications for skeletal muscle function. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 31. Núm. 6. 2012. p. 344-353.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23083379/>

6-Close, G. L.; Leckey, J.; Patterson, M.; Bradley, W.; Owens, D. J.; Fraser, W. D.; Morton, J. P. The effects of vitamin D3 supplementation on serum total 25[OH]D concentration and physical performance: A randomised dose-response study. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 47. Núm. 11. 2013. p. 692-696.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23410885/>

7-Cozzolino, S. M. F. Biodisponibilidade de nutrientes. 5ª edição. Manole. 2016.

- 8-Constantini, N. W.; Rakefet, A.; Chodick, G.; Dubnov-Raz, G. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clinical Journal of Sport Medicine*. Vol. 20. Núm. 5. 2010. p. 368-371. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20818195/>
- 9-Dubnov-Raz, G.; Livne, N.; Raz, R.; Cohen, A. H.; Constantini, N. W. Vitamin D supplementation and physical performance in adolescent swimmers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 25. Núm. 4. 2015. p. 317-325. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25203157/>
- 10-Farrokhyar, F.; Sivakuma, G.; Savage, K.; Koziarz, A.; Jamshidi, S.; Ayeni, O. R.; Peterson, D.; Bhandari, M. Effects of vitamin D supplementation on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and physical performance in athletes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*. Vol. 47. Núm. 11. 2017. p. 2323-2339. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28577257/>
- 11-Fitzgerald, J. S.; Peterson, B. J.; Warpea, J. M.; Wilson, P. B.; Rhodes, G. S.; Ingraham, S. Vitamin D status and VO<sub>2</sub> peak during a skate treadmill graded exercise test in competitive ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 28. Núm. 11. 2014. p. 3200-3205. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24832977/>
- 12-Forney, L. A.; Earnest, C. P.; Henagan, T. M.; Johnson, L. E.; Castleberry, T. J.; Stewart, L. K. Vitamin D status, body composition, and body composition measures in college-aged students. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 28. Núm. 3. 2014. p. 814-824. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23897020/>
- 13-Grieshaber, J. A.; Mehran, N.; Photopolous, C.; Fishman, M.; Lombardo, S. J.; Kharrazi, F. D. Vitamin D Insufficiency among professional basketball players: A relationship to fracture risk and athletic performance. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. Vol. 6. Núm. 5. 2018. p. 1-5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29845086/>
- 14-Guyton, A. C.; Hall, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 12ª edição. Elsevier. 2011.
- 15-Halliday, T. M.; Peterson, N. J.; Thomas, J. J.; Kleppinger, K.; Hollis, B. W.; Larson-Meyer, D. E. Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 43. Núm. 2. 2011. p. 335-343. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20543748/>
- 16-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. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 16. Núm. 1. 2019. p. 1-13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31771586/>
- 17-He, C. S.; Yong, X. H. A.; Walsh, N. P.; Gleeson, M. Is there an optimal Vitamin D status for immunity in athletes and military personnel? *Exercise Immunology Review*. Vol. 22. Núm. 63. 2016. p. 41-62. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26853300/>
- 18-Holick, M. F. Vitamin D deficiency. *The New England Journal of Medicine*. Vol. 357. Núm. 3. 2007. p. 266-281. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17634462/>
- 19-Holick, M. F. Vitamin D status: measurement, interpretation and clinical application. *Ann Epidemiol*. Vol. 19. Núm. 2. 2009. p. 73-78. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18329892/>
- 20-Holick, M. F.; Binkley, N. C.; Bischoff-Ferrari, H. A.; Gordon, C. M.; Hanley, D. A.; Heaney, R. P.; Murad, M. S.; Weaver, C. M. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab*. Vol. 96. Núm. 7. 2011. p. 1911-1930. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21646368/>
- 21-Institute of Medicine. Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium. *Dietary reference intakes for vitamin D and calcium*. National Academy Press. Washington DC. 2011. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21796828/>
- 22-Kim, D. K.; Park, G.; Kuo, L. T.; Park, W. H. Association of vitamin D status with lower limb muscle strength in professional basketball players: A cross-sectional study. *Nutrients*. Vol. 12. Núm. 9. 2020. p. 1-10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32899479/>

- 23-Kim, D. K.; Park, G.; Kuo, L. T.; Park, W. H. The relationship between vitamin D status and rotator cuff muscle strength in professional volleyball athletes. *Nutrients*. Vol. 11. Núm. 11. 2019. p. 1-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31739527/>
- 24-Ksiażek, A.; Zagrodna, A.; Słowińska-Lisowska, M. Vitamin D, skeletal muscle function and athletic performance in athletes - A narrative review. *Nutrients*. Vol. 11. Núm. 8. 2019. p. 1-12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31382666/>
- 25-Larson-Meyer, D. E.; Willis, K. S. Vitamin D and Athletes. *Curr. Sports Med. Rep.* Vol. 9. Núm. 4. 2010. p. 220-226. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20622540/>
- 26-Larson-Meyer, D. E. Vitamin D supplementation in athletes. *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*. Vol. 75. 2013. p. 109-121. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23765355/>
- 27-Sociedade Brasileira de Patologia Clínica. Posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica e Medicina Laboratorial e da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia. Intervalos de referência da vitamina D - 25(OH)D. Disponível em: [http://bibliotecasbpc.org.br/arcs/pdf/PosicionamentoOficial\\_SBPCML\\_SBEM\\_2018.pdf](http://bibliotecasbpc.org.br/arcs/pdf/PosicionamentoOficial_SBPCML_SBEM_2018.pdf)
- 28-Moran, D. S.; McClung, J. P.; Kohen, T.; Lieberman, H. R. Vitamin D and physical performance. *Sports Medicine*. Vol. 43. Núm. 7. 2013. p. 601-611. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23657931/>
- 29-Mehran, N.; Schulz, B. M.; Neri, B. R.; Robertson, W. J.; Limpisvasti, O. Prevalence of vitamin D insufficiency in professional hockey players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. Vol. 4. Núm. 12. 2016. p. 3-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28203589/>
- 30-Ogan, D.; Pritchett, K. Vitamin D and the athlete: Risks, recommendations, and benefits. *Nutrients*. Vol. 5. Núm. 6. 2013. p. 1856-1868. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23760056/>
- 31-Owens, D. J.; Fraser, W. D.; Close, G. L. Vitamin D and the athlete: Emerging insights. *European Journal of Sport Science*. Vol. 15. Núm. 1. 2014. p. 73-84. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25131312/>
- 32-Owens, D. J.; Allison, R.; Close, G. L. Vitamin D and the athlete: current perspectives and new challenges. *Sports Medicine*. Vol. 48. Núm. s1. 2018. p. 3-16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29368183/>
- 33-Pimentel, J. F.; Freire, J.; Murta, L.; Braganholo, V. A survey on collecting, managing, and analyzing provenance from scripts. *ACM Comput. Surv.* Vol. 1. Núm. 1. 2019. p. 1-37. <http://www.ic.uff.br/~leomurta/papers/pimentel2019.pdf>
- 34-Pollock, N.; Chakraverty, R.; Taylor, I.; Killer, S. C. An 8-year analysis of magnesium status in elite international track & field Athletes. *Journal Of The American College Of Nutrition*. Vol. 39. Núm. 5. 2019. p. 443-449. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31829845/>
- 35-Reddy, P.; Edwards, L. R. Magnesium supplementation in vitamin D deficiency. *American Journal of Therapeutics*. Vol. 26. Núm. 1. 2019. p. 1-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28471760/>
- 36-Sales, C. M.; Nascimento, D. A.; Medeiros, A. C. Q.; Lima, K. C.; Pedrosa, L. F. C.; Colli, C. There is chronic latent magnesium deficiency in apparently healthy university students. *Nutr Hosp.* Vol. 30. Núm. 1. 2014. p. 200-204. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25137281/>
- 37-Todd, J. J.; Pourshahidi, L. K.; McSorley, E. M.; Madigan, S. M.; Magee, P. J. Vitamin D: Recent advances and implications for athletes. *Sports Medicine*. Vol. 45. Núm. 2. 2014. p. 213-229. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25252613/>
- 38-Valtueña, J.; Dominguez, D.; Til, L.; González-Gross, M.; Drobic, F. High prevalence of vitamin D insufficiency among elite Spanish athletes; the importance of outdoor training adaptation. *Nutricion Hospitalaria*. Vol. 30. Núm. 1. 2014. p. 124-131. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25137271/>
- 39-Vitale, J. A.; Lombardi, G.; Cavaleri, L.; Graziani, R.; Schoenhuber, H.; La Torre, A.; Banfi, G. Rates of insufficiency and deficiency of vitamin D levels in elite professional male and

female skiers: A chronobiologic approach. *Chronobiology International*. Vol. 35. Núm. 4. 2018. p. 441-449.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29231753/>

Recebido para publicação em 20/03/2022  
Aceito em 03/06/2022

40-Von Hurst, P. R.; Beck, K. L. Vitamin D and skeletal muscle function in athletes. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. Vol. 17. Núm. 6. 2014. p. 539-545.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25137505/>

41-Wyon, M. A.; Koutedakisa, Y.; Wolman, R.; Nevill, A. M.; Allen, N. The influence of winter vitamin D supplementation on muscle function and injury occurrence in elite ballet dancers: A controlled study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 17. Núm. 1. 2013. p. 8-12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23619160/>

42-Yagüe, M. P.; Yurrita, L. C.; Cabañas, M. J. C.; Cenzual, M. A. C. Role of vitamin D in athletes and their performance: current concepts and new trends. *Nutrients*. Vol. 12. Núm. 2. 2020. p. 1-17.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32102188/>

43-Zebrowska, A.; Sadowska-Krępa, E.; Stanula, A.; Waśkiewicz, Z.; Łakomy, O.; Bezuglov, E.; Nikolaidis, P. T.; Rosemann, T.; Knechtle, B. The effect of vitamin D supplementation on serum total 25(OH) levels and biochemical markers of skeletal muscles in runners. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 17. Núm. 1. 2020. p. 1-10.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32272973/>

44-Zehnder, D.; Bland, R.; Williams, M. C.; McNinch, R. W.; Howie, A. J.; Stewart, P. M.; Hewison, M. Extrarenal expression of 25-hydroxyvitamin D3-1 $\alpha$ -hydroxylase. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. Vol. 86. Núm. 2. 2001. p. 888-894/  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11158062/>

E-mail dos autores:  
[nutridanilorodrigues@hotmail.com](mailto:nutridanilorodrigues@hotmail.com)  
[artioli@usp.br](mailto:artioli@usp.br)

Autor correspondente:  
Danilo Rodrigues Machado  
[nutridanilorodrigues@hotmail.com](mailto:nutridanilorodrigues@hotmail.com)  
Rua José Gregório, 2352.  
Enxovia, Tatuí, São Paulo, Brasil.  
CEP: 18277-709.