

VITAMINA D NO ESPORTE E SAÚDEPatrícia Ferrarini¹Rodrigo Cauduro Oliveira Macedo²**RESUMO**

Introdução: Concomitante ao aumento da prevalência da hipovitaminose D na população mundial, estudos buscam desvendar a participação dessa vitamina, também na função muscular, cardiovascular, imunológica, inflamatória e hormonal, além da saúde óssea. O objetivo desse trabalho é buscar fundamentação científica a respeito dos benefícios da suficiência e suplementação de vitamina D num âmbito de saúde e esporte, além dos fatores de risco para o desenvolvimento da carência vitamínica. **Métodos:** Revisão sistemática de artigos científicos originais, sendo apenas consideradas pesquisas com seres humanos, das bases de dados Science Direct e Pubmed, publicados de 2010 a Maio de 2014. **Resultados:** Selecionou-se 45 artigos originais. A suficiência de vitamina D (25-hidroxivitamina D ≥ 30 ng/ml) parece relacionar-se, dependendo da população estudada, a: melhor desempenho físico (aeróbico e anaeróbico); melhor recuperação muscular; menor percentual de gordura corporal, incluindo menor quantidade de gordura abdominal; maior quantidade de massa magra; melhor função vascular; menores níveis de PTH; menor incidência de Síndrome Metabólica; melhor perfil lipídico; melhor resposta imunológica; maior tolerância à glicose; menor incidência de anemia. Alguns dos fatores de risco para hipovitaminose D são: idade, sexo, etnia, exposição solar, IMC, percentual de gordura, prática de exercícios físicos, ingestão de fontes de cálcio e vitamina D, consumo de suplementos de cálcio e vitamina D, sazonalidade, diabetes e hipertensão. **Conclusão:** Níveis adequados e suplementação de vitamina D parecem ter benefícios diferentes dependendo da população estudada.

Palavras-chave: Deficiência de Vitamina D. Desempenho Atlético. Exercício. Suplementos Dietéticos. Síndrome x metabólica.

ABSTRACT

Vitamin D in Sport and Health

Introduction: Concomitant with increased prevalence of hypovitaminosis D in the world population, studies seek to unravel the participation of this vitamin also in function muscular, cardiovascular, immune, inflammatory and hormonal, beyond bone health. The aim of this study is to search scientific reasoning regarding the benefits of the sufficiency and supplementation of vitamin D in a context of health and sport, in addition to the risk factors for the development of vitamin deficiency. **Methods:** Systematic review of original scientific articles, being only considered human research, from the databases Science Direct and PubMed, published from 2010 to May 2014. **Results:** Were selected 45 original articles. The sufficiency of vitamin D (25-hydroxyvitamin D ≥ 30 ng/ml) seems to be related, depending on the study population, to: better physical performance (aerobic and anaerobic); better muscle recovery; lower percentage of body fat, including smaller amount of abdominal fat; greater lean mass; better vascular function; lower levels of PTH; lower incidence of metabolic syndrome; better lipid profile; better immune response; greater glucose tolerance; lower incidence of anemia. Some of the risk factors for vitamin D deficiency are: age, gender, ethnicity, sun exposure, BMI, body fat percentage, physical exercise, intake of sources of calcium and vitamin D, intake of supplements of calcium and vitamin D, seasonality, diabetes and hypertension. **Conclusion:** Adequate levels of vitamin D and supplementation seem to have different benefits depending on the population studied.

Keywords: Vitamin D deficiency. Athletic performance. Exercise. Dietary supplements. Metabolic syndrome x.

INTRODUÇÃO

A prevalência de deficiência de vitamina D na população mundial aumenta à medida que as pessoas têm seus estilos de vida modificados pelas exigências do cotidiano moderno.

Esse cenário é comprovado por estudos multinacionais, avaliando crianças, adultos e idosos, em que prevalências de hipovitaminose D (25-hidroxivitamina D <30 ng/ml ou 75 nmol/L) variaram entre 35 e 100% (Brock e colaboradores, 2010; Dong e colaboradores, 2010; Galan e colaboradores, 2012; Al-Othman e colaboradores, 2012; Thomson e colaboradores, 2013; Jungert e Neuhäuser-Berthold, 2013; Grimaldi e colaboradores, 2013; He e colaboradores, 2013; Wolman e colaboradores, 2013; Hamilton e colaboradores, 2014; Simon e colaboradores, 2014; Cinar e colaboradores, 2014), dependendo da população de estudo e estação do ano. A vitamina D no organismo é mensurada através de níveis séricos de 25-hidroxicolecalciferol [25(OH)D], onde valores >30 ng/ml (~75 nmol/L) são considerados suficientes, de 30 a 20 ng/ml insuficientes e <20 ng/ml (~50 nmol/L) deficientes (Holick, 2009).

A vitamina D é adquirida, nos seres humanos, através da produção de 7-deidrocolesterol, pró-vitamina D₃, na pele, pela absorção de radiação UVB, e por ingestão alimentar (leite, óleo de fígado de bacalhau e peixes gordos, como salmão e sardinha) (Holick, 2009; Bartoszewska, Kamboj e Patel, 2010; Springbett e colaboradores, 2010; Dirks-Naylor e Lennon-Edwards, 2011; Lanteri e colaboradores, 2013; Grant, 2013). Nesse contexto, a pele provê de 80 a 100% das necessidades de vitamina D, a qual é estocada na gordura corporal em períodos de maior exposição solar (Dirks-Naylor e Lennon-Edwards, 2011; Lanteri e colaboradores, 2013; Grant, 2013).

A vitamina D é importante para a saúde óssea, sistema imune, cardiovascular e reprodutivo (Mheid e colaboradores, 2011; Lanteri e colaboradores, 2013). Além disso, pesquisas recentes verificaram a expressão de receptores de vitamina D em diversos tecidos e órgãos, como fígado, pâncreas, cérebro, pulmão, mamas, músculos e tecido adiposo (Lanteri e colaboradores, 2013). A hipovitaminose D tem sido ligada a

raquitismo, osteomalácia, osteoporose, osteoartrite, tuberculose, diabetes tipo 2, esclerose múltipla, pré-eclâmpsia, doença periodontal e tumores (Levitan e Judd, 2010; Lanteri e colaboradores, 2013; Belenchia e colaboradores, 2013).

Diante da crescente discussão acerca desse assunto e da importância dessa vitamina para o funcionamento do corpo humano, o objetivo desta revisão foi buscar fundamentação científica a respeito dos benefícios da suficiência e suplementação de vitamina D num âmbito de saúde e esporte, além dos fatores de risco para o desenvolvimento da carência vitamínica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Revisão da Literatura

Selecionou-se, sistematicamente, artigos científicos originais relacionando suficiência ou suplementação de vitamina D a benefícios para a saúde ou desempenho físico de diversas populações de seres humanos. As bases de dados acessadas foram Science Direct (2010 a Maio de 2014) e Pubmed (2010 a Maio de 2014), em que as pesquisas foram realizadas por meio dos termos-chave “vitamin D and sport” (vitamina D e esporte) e “vitamin d and exercise” (vitamina D e exercício), sem restrição de idioma.

Ainda, artigos para complementação teórica, destacando-se revisões bibliográficas foram encontrados nas bases de dados Science Direct e Pubmed.

Seleção de Artigos

A escolha dos artigos a fazerem parte do trabalho foi composta de duas etapas. A primeira consistiu na seleção dos títulos e resumos mais relevantes de artigos originais, e a segunda compreendeu o conteúdo integral das publicações, resultando na exclusão dos artigos cujo conteúdo não se adequou aos objetivos da revisão. A relevância dos artigos foi determinada considerando a qualidade metodológica e o grau de significância dos resultados apresentados.

RESULTADOS

Selecionou-se 45 artigos originais para participar da revisão, cujos métodos e

resultados serão mencionados a seguir, de acordo com a categoria de subtítulo a que pertencem.

Fatores de Risco para Deficiência de Vitamina D

Inúmeros fatores de risco para a hipovitaminose D são mencionados com alto grau de significância pela literatura, como: idade (Al-Othmanl e colaboradores, 2012; Baker e colaboradores, 2012; Alele e colaboradores, 2013), sexo (Brock e colaboradores, 2010; Mheid e colaboradores, 2011; Janssen e colaboradores, 2013a), etnia (Brock e colaboradores, 2010; Baker e colaboradores, 2012), exposição solar (Marwaha e colaboradores, 2011; Al-Daghri e colaboradores, 2012; Wolman e colaboradores, 2013), Índice de Massa Corporal (IMC) (Brock e colaboradores, 2010; Dong e colaboradores, 2010; Mheid e colaboradores, 2011; Baker e colaboradores, 2012; Jungert e Neuhäuser-Berthold, 2013; Alele e colaboradores, 2013), percentual de gordura (Tidwella e Valliant, 2011), prática de exercícios físicos (Brock e colaboradores, 2010; Dong e colaboradores, 2010; Marwaha e colaboradores, 2011; Kluczynski e colaboradores, 2011; Al-Othmanl e colaboradores, 2012; Janssen e colaboradores, 2013a), ingestão de fontes de cálcio (Brock e colaboradores, 2010) e vitamina D (Al-Daghri e colaboradores, 2012), consumo de suplementos de cálcio (Brock e colaboradores, 2010; Jungert e Neuhäuser-Berthold, 2013) e vitamina D (Brock e colaboradores, 2010; Mheid e colaboradores, 2011; Jungert e Neuhäuser-Berthold, 2013), sazonalidade (Brock e colaboradores, 2010; Galan e colaboradores, 2012; Wolman e colaboradores, 2013; Thomson e colaboradores, 2013; Cinar e colaboradores, 2014), diabetes (Mheid e colaboradores, 2011; Baker e colaboradores, 2012) e hipertensão (Mheid e colaboradores, 2011). Em mulheres, o estado de pré ou pós-menopausa, realização de terapia de reposição hormonal (Brock e colaboradores, 2010) e utilização de contraceptivo oral (Wolman e colaboradores, 2013) é determinante.

Em estudo de Al-Othmanl e colaboradores (2012), com 331 crianças (153 meninos; 6 a 7 anos), a idade foi o indicador que mais afetou os níveis de vitamina D,

explicando 21% da variância percebida ($p < 0,001$). Ainda, comparações por idade revelaram que, em grupos com mesma exposição solar, os fisicamente ativos apresentaram níveis maiores de vitamina D ($p < 0,05$).

Janssen e colaboradores (2013a) estudaram a divergência entre os sexos quanto aos níveis de vitamina D em 400 homens (40 a 80 anos) e 402 mulheres em pós-menopausa (56 a 73 anos). No verão, os homens apresentaram valores de 25(OH)D superiores aos das mulheres (81,5 vs. 53,3 nmol/L; $p < 0,001$), mas essa diferença desapareceu no inverno. Além disso, no sexo masculino, a atividade física e estação explicaram 21% da variância, enquanto que no feminino, atividades físicas domésticas ($p = 0,03$), atividades físicas esportivas ($p = 0,02$) e níveis de Estradiol ($p = 0,48$) esclareceram 9,3% da variância de 25(OH)D.

No âmbito do exercício físico, Marwaha e colaboradores (2011) verificaram, em população de 186 mulheres (18 a 21 anos), que as esportistas ($n = 90$; média de 3h de atividade física por dia) apresentaram maiores níveis de 25(OH)D que as sedentárias ($n = 96$) ($53 \pm 18,9$ vs. $12,9 \pm 7,7$ nmol/L; $p < 0,001$), além de maior tempo de exposição solar (120 vs. 30 min/dia; $p < 0,001$). A associação vitamina D e duração de exercícios físicos semanais também surgiu em estudo de Kluczynski e colaboradores (2011) ($p = 0,014$) com 1.343 mulheres em pós-menopausa (50 a 79 anos).

Cinar e colaboradores (2014) estudaram uma amostra de 118 homens e mulheres ($34,1 \pm 7,4$ anos; $24,3$ kg/m²; 45% homens) trabalhadores de escritório quanto às variações sazonais de vitamina D. A média de 25(OH)D, no verão, foi de $28,4 \pm 10,4$ ng/ml, sendo que 35,6% dos indivíduos foram diagnosticados com insuficiência de vitamina D (20 a 30 ng/ml) e, 31,5%, deficiência (< 20 ng/ml), já no inverno, esse valor caiu para $13,8 \pm 6,6$ ng/ml ($p < 0,001$), caracterizando 12,7% das pessoas insuficientes e, 83,9%, deficientes ($p < 0,001$). Acompanhando esses resultados, PTH sofreu aumento no inverno ($p < 0,001$).

A sazonalidade também foi abordada por Wolman e colaboradores (2013), que descreveram diferença significativa nos valores de 25(OH)D entre estações (inverno: 14,9 ng/ml; verão: 23,9 ng/ml; $p < 0,001$), em

19 dançarinos de ballet clássico (13 mulheres; $26 \pm 8,86$ anos; $1,66 \pm 8,84$ m; $54,3 \pm 10,47$ kg), dos quais, durante o inverno, 14 foram diagnosticados com insuficiência de vitamina D (10 a 30 ng/ml) e 5 com deficiência severa (<10 ng/ml), e durante o verão, 3 configuraram valores normais, 14 insuficientes e 2 deficientes severos. Indicadores como PTH (inverno: 38,7 pg/ml; verão: 26,3 pg/ml; $p < 0,001$) e fragmento amino-terminal do pró-colágeno I (PINP; inverno: 89,9 ng/ml; verão: 67,6 ng/ml; $p < 0,01$) também se alteraram entre os períodos. Ademais, o contraceptivo oral teve efeito positivo nos níveis de 25(OH)D ($p = 0,05$), PTH ($p = 0,05$) e c-telopeptídeo (CTX) ($p = 0,05$), e houve menor frequência de lesões de tecidos moles no verão, comparado ao inverno (inverno = 24; verão = 13; $p < 0,05$).

Tratando-se de etnias, pesquisas apontaram que europeus/americanos apresentaram níveis de 25(OH)D significativamente maiores comparados a asiáticos (Hamilton e colaboradores, 2014), assim como caucasianos em relação a negros ($p < 0,001$) (Mheid e colaboradores, 2011). Em estudo de Dong e colaboradores (2010), brancos configuraram valores de vitamina D superiores em comparação a negros em todas as estações (inverno: $35,9 \pm 2,5$ vs. $77,4 \pm 2,7$ nmol/L; verão: $50,7 \pm 4$ vs. $104,3 \pm 4$ nmol/L; $p < 0,05$).

Jungert e Neuhäuser-Berthold (2013) avaliaram 140 idosos (99 mulheres; 66 a 96 anos; IMC médio: $26,4$ kg/m²) e concluíram que a ingestão de vitamina D e cálcio não afeta 25(OH)D₃ nessa população. Entretanto, a suplementação de vitamina D e cálcio foi associada ao aumento de 25(OH)D₃, após ajustes, em indivíduos com IMC < 25 kg/m² ($n = 51$; $p < 0,05$). A estimativa de consumo dos nutrientes foi realizada por meio de Registro Alimentar de três dias e 22,1% dos indivíduos apresentaram 25(OH)D₃ < 50 nmol/L e, 80%, valores < 75 nmol/L.

A perda de peso foi relacionada ao aumento de vitamina D em pesquisa com programa de emagrecimento realizada por Mason e colaboradores (2011) (grupos de dieta e/ou exercício físico e grupo controle), aplicado a 439 mulheres obesas ou com sobrepeso (50 a 70 anos; IMC ≥ 25 kg/m²). Após 12 meses, mulheres que perderam 5%, 5 a 9,9%, 10 a 14,9% ou mais de 15% do peso tiveram aumento em 25(OH)D de 2,1, 2,7, 3,3 e 7,7 ng/ml, respectivamente ($p = 0,002$).

Nesse mesmo contexto, o percentual de gordura, determinado via DEXA (absorciometria por dupla emissão de raios-x), foi relacionado à 25(OH)D ($r = - 0,460$; $p < 0,001$), em estudo de Tidwell e Valliant (2011), com 100 mulheres afro-descendentes na pré-menopausa ($26,4 \pm 6,4$ anos; IMC: $29,8 \pm 6,9$ kg/m²).

Em pesquisa de Brock e colaboradores (2010), com 1.357 homens e 1.264 mulheres em pós-menopausa (63 ± 5 anos; IMC: 27 ± 5 kg/m²), em que dieta foi mensurada por Questionário de Frequência Alimentar do último ano, verificou-se que 3%, 29% e 79% da população apresentaram 25(OH)D < 25, < 50 e < 80 nmol/L, respectivamente, e os maiores preditores de baixos níveis de 25(OH)D (< 50 nmol) eram: ingestão de suplemento de vitamina D (OR: 0,5; $p < 0,001$); IMC > 30 kg/m² (OR: 2,7; $p < 0,001$); inatividade física (≥ 3 h/semana = OR: 0,5; < 3h/semana = OR: 0,7; $p < 0,001$); baixa ingestão de leite (OR: 0,6; $p < 0,01$); ingestão de suplemento de cálcio (OR: 0,7; $p < 0,05$); apenas em homens, ingestão de leite no cereal ($p < 0,05$); apenas em mulheres, ingestão de suplementos de cálcio ($p < 0,05$) e uso de terapia de reposição hormonal (OR: 0,8; $p < 0,001$). Em adição, a média de 25(OH)D foi significativamente maior nas mulheres que nos homens ($p < 0,001$), mas essa diferença desapareceu comparando-se mulheres sem reposição hormonal a homens, e estação (inverno = OR: 3,4; $p < 0,001$) e raça (caucasiana = OR: 0,2; $p < 0,001$) também foram fatores de significativa influência.

Vitamina D e Exercício

Os níveis séricos de 25(OH)D parecem estar relacionados a diversos aspectos que afetam o desempenho físico e composição corporal em atletas e não-atletas de todas as idades. Os níveis de 25(OH)D foram correlacionados a ingestão de vitamina D (139 ± 78 UI/dia; $r = 0,65$; $p = 0,001$) e cálcio (948 ± 419 mg/dia; $r = 0,82$; $p < 0,001$) no estudo de García e Guisado (2011), em que a amostra era composta por 21 jogadores profissionais de basquete ($25 \pm 4,3$ anos; IMC: $23,7 \pm 1,2$ kg/m²; % gordura: $9,2 \pm 2,6\%$), dos quais 57% foram classificados com deficientes em vitamina D. Mensurou-se o consumo de vitamina D e cálcio por meio de Registro Alimentar de quatro dias e aplicação de

Questionário de Frequência Alimentar padronizado.

Estudando atletas, Hamilton e colaboradores (2014) avaliaram concentrações de vitamina D de 342 jogadores de futebol profissional, constatando que 84% deles configuraram 25(OH)D <30 ng/ml, dos quais 12% apresentaram <10 ng/ml. Observou-se, nesse cenário, diferença significativa de massa corpórea ($p = 0,006$), massa magra total ($p = 0,034$) e massa magra da perna direita ($p < 0,001$) e esquerda ($p = 0,005$) entre jogadores com valores de vitamina D >20 ng/ml e <10 ng/ml (composição corporal por DEXA). Ainda, testes adicionais acerca de desempenho isocinético de membros inferiores (pico de torque) não ilustraram associação consistente.

Nesse mesmo âmbito, Grimaldi e colaboradores (2013) mensuraram força isométrica e isocinética de braços e pernas de 419 homens e mulheres (20 a 76 anos), utilizando Dinamometria Computadorizada, e após ajustes de co-variáveis, vitamina D foi associada à força muscular isométrica de pernas e braços e isocinética de braços ($p < 0,05$). Nessa população, 27% dos participantes apresentaram 25(OH)D insuficiente e 65% suficiente.

No aspecto de recuperação muscular, Barker e colaboradores (2013), verificaram que concentrações maiores de 25(OH)D antes do exercício poderiam influenciar na recuperação da força do músculo esquelético depois de uma sessão de exercício intenso, em uma amostra de 14 adultos [5 mulheres; 32 ± 1 anos; IMC: $26,1 \pm 0,9$ kg/m²; 25(OH)D inicial: $28 \pm 2,5$ ng/ml] praticantes de atividades físicas. A metodologia consistiu na realização de um protocolo de exercícios intensos em uma perna, de escolha aleatória, sendo a outra, o controle, além da mensuração de parâmetros bioquímicos. Após os exercícios: 25(OH)D sérico aumentou imediatamente ($p < 0,05$), mas em minutos decresceu ($p < 0,05$); albumina circulante aumentou da mesma forma que 25(OH)D ($p < 0,005$); Interferon (IFN)- γ aumentou no decréscimo de 25(OH)D ($p < 0,001$); a fraqueza muscular persistiu na perna exercitada, em comparação com a controle, depois do protocolo de exercício ($p < 0,05$); 25(OH)D inversamente predisse fraqueza muscular ($p < 0,05$) imediatamente e dias (48h e 72h) após o exercício.

Também se observou a participação de vitamina D na resposta inflamatória, como no estudo de Barker e colaboradores (2014), com 6 indivíduos adultos com insuficiência (<30 ng/ml) e 7 com suficiência (≥ 30 ng/ml) dessa vitamina. Nessa pesquisa, induziu-se lesão muscular em uma perna randomizada dos indivíduos, por meio de exercícios de contração excêntrica-concêntrica (a outra perna foi o controle), e constatou-se respostas de Interleucina-10 (IL-10) e Interleucina-13 (IL-13), citocinas anti-inflamatórias, ao dano muscular, aumentados no grupo com suficiência da vitamina ($p < 0,05$). No entanto, ao contrário da suposição do trabalho supracitado, os imediatos e persistentes (dias) déficits no pico isométrico de força ($p < 0,05$) e potência de pico de saída ($p < 0,05$), causados pelos exercícios, não foram melhorados pela suficiência de vitamina D.

Ainda na questão de resposta inflamatória e imunológica, He e colaboradores (2013), relacionaram a ocorrência de doenças de trato respiratório superior e vitamina D, em 225 atletas [70 mulheres; 21 ± 3 anos; IMC: $23,5 \pm 2,3$ kg/m²; 25(OH)D: 38% inadequado (30 a 50 nmol/L) e 55% deficiente (<30 nmol/L)] de endurance, em 16 semanas de treino ($9,6 \pm 5,2$ h/semana) no inverno. Como resultado, a ocorrência dessas doenças reduziu, em média, 24% a carga de treinamento dos atletas ($p = 0,001$) e aqueles deficientes apresentaram um maior número de sintomas das doenças comparados aos com níveis ótimos (>120 nmol/L ou ~ 48 ng/ml) ($p = 0,039$), e mais sintomas diários ($p = 0,04$) e média de score sintoma-severidade ($p = 0,013$) em comparação aos outros grupos. Além disso, verificou-se correlação positiva entre 25(OH)D e Catelicidina ($r = 0,234$; $p = 0,036$), secreção de Imunoglobulina A (IgA) maior nos atletas com níveis ótimos de vitamina D em relação aos outros ($p = 0,018$) e menores concentrações de 25(OH)D associadas à menor produção de citocinas pró-inflamatórias por monócitos [Fator de Necrose Tumoral (TNF)- α , Interleucina (IL)-1 β e Interleucina-6 (IL-6); $p < 0,005$] e linfócitos (IFN- γ ; $p < 0,01$).

Galan e colaboradores (2012) constataram que 64% dos 28 jogadores profissionais de futebol estudados ($26,7 \pm 3,6$ anos; IMC: $23 \pm 1,1$ kg/m²) apresentaram níveis insuficientes (<75 nmol/L) de 25(OH)D no inverno ($p = 0,001$). Tendo em vista a

importância da vitamina D para o melhor desempenho dos atletas, os autores sugeriram a meta de, aproximadamente, 122 nmol/L (~49 ng/ml) de 25(OH)D para o outono, a fim de garantir concentrações suficientes de vitamina D no inverno. Essa conclusão surgiu do fato desse ser o valor médio de 25(OH)D dos indivíduos que, no inverno, apresentaram níveis suficientes da vitamina (14,3% dos atletas; outono: 122,7 ± 22,3 nmol/L; inverno: 86,5 ± 12,7 nmol/L; $p < 0,001$ em comparação ao grupo de participantes que apresentaram valores ≥ 100 nmol/L no outono mas figuraram valores insuficientes de vitamina D no inverno). Outros dados importantes mencionados foram a redução, de outono para o inverno, dos níveis de 25(OH)D ($p < 0,0001$), Cálcio ($p < 0,0001$) e Cromo ($p < 0,002$) e aumento de PTH ($p < 0,005$).

Em meio aos benefícios esportivos da vitamina D, também é amplamente estudada a relação entre o desempenho físico de idosos e níveis séricos de 25(OH)D. Nesse contexto, Houston e colaboradores (2011) avaliaram 368 idosos (70 a 89 anos) com risco de invalidez quanto aos seus resultados em bateria de teste de desempenho físico de curta duração (SPPB) e teste de caminhada de 400 m. No início, 50% dos participantes eram deficientes em vitamina D e, após 12 meses de estudo, encontrou-se associação entre valores inferiores de 25(OH)D e menores pontuações em SPPB ($p = 0,03$) e velocidade de caminhada ($p = 0,01$). É importante ressaltar que os indivíduos, inicialmente deficientes, que atingiram a suficiência de vitamina D apresentaram melhora em SPPB ($p = 0,01$), comparados àqueles que se mantiveram em deficiência.

Nesse mesmo campo, Michael e colaboradores (2011) estudaram a performance de 532 mulheres em pós-menopausa (50 a 79 anos), através dos testes: caminhada cronometrada, teste de sentar/levantar da cadeira e força de pressão manual. Após 6 anos, as participantes com 25(OH)D ≥ 75 nmol/L ilustraram pontuações maiores em desempenho físico (Risco Relativo = 2,64; Intervalo de Confiança = 95%; 0,90 – 4,39) quando comparadas à categoria de referência (<35 nmol/L) depois de ajustes, no entanto, a taxa de declínio de funções motoras não diferiu por status de vitamina D.

Em população idosa (2.641 homens e mulheres; 71 a 80 anos), o limiar de 25(OH)D

para melhoria de desempenho físico foi de 70 a 80 nmol/L, enquanto que, para aumento de força, 55 a 70 nmol/L, é o que concluiu estudo com avaliação de performance física com duração de 4 anos (Houston e colaboradores, 2012). Além disso, verificou-se que participantes deficientes em vitamina D (<50 nmol/L) apresentaram desempenho físico pior com o passar do tempo, em comparação àqueles com níveis ≥ 75 nmol/L de 25(OH)D ($p < 0,01$), entretanto, também nessa pesquisa, força e performance reduziram no passar dos anos ($p < 0,0001$) com índice de declínio independente dos valores iniciais (Houston e colaboradores, 2012).

Toffanello e colaboradores (2012) estudaram o desempenho físico de 2.694 homens e mulheres idosos, e valores de vitamina D foram associados, após ajustes a fatores de confusão, a melhores resultados em distância de caminhada de 6 min (mulheres: $p = 0,0002$; homens: $p = 0,0001$), teste de levantar/sentar na cadeira em mulheres ($p = 0,004$) e à força de pressão manual ($p = 0,0006$) e de quadríceps ($p = 0,03$) de homens. Os melhores resultados de mulheres ocorreram entre 20 e 100 nmol/L de 25(OH)D, e em homens, de 50 a 75 nmol/L. Além disso, em homens, velocidade de marcha e força de pressão manual melhoraram até o limiar de 100 nmol/L de vitamina D, da mesma forma que distância de caminhada de 6 min em ambos gêneros. Os autores concluíram que, para performance física ótima, concentrações de 100 nmol/L (~40 ng/ml) parecem ser mais vantajosas para idosos, ampliando o limiar exposto pelo estudo supracitado.

Níveis de 25(OH)D (média: 22,5 ng/ml) foram fracamente relacionados à massa magra, mas não à prevenção de Sarcopenia em estudo de Mason e colaboradores (2013) com 439 mulheres obesas ou com sobrepeso (IMC ≥ 25 kg/m²), realizando programa de emagrecimento, por 12 meses, divididas em 4 grupos (dieta e/ou exercício e controle). A dieta era composta por 1.200 a 2.000 kcal/dia e 30% de gordura, e a atividade física compreendeu 45 min de exercício aeróbico moderado a intenso 5 dias/semana, tendo como meta a redução de 10% do peso no período. No contexto da aquisição de dados, massa muscular foi acessada por DEXA e Sarcopenia caracterizada como Índice de Massa Muscular

(Massa Muscular Apendicular em kg/m²) ≤5,67 kg/m².

Corroborando os resultados dos artigos acima, Janssen e colaboradores (2013b) observaram, em amostra com 802 adultos [402 mulheres em pós-menopausa; 63,3 ± 9 anos; IMC: 26,2 ± 4 kg/m²; média de 25(OH)D: 56,3 ± 23 nmol/L] que altos níveis de 25(OH)D também foram associados a maiores quantidades de massa magra (22,6 g a cada nmol/L; p <0,01), força de pressão manual (0,02 kg a cada nmol/L; p = 0,04) e melhor desempenho físico (0,006 pontos a cada nmol/L; p = 0,02). Tais resultados foram mais pronunciados em indivíduos com valores de 25(OH)D <60 nmol/L, com massa magra aumentando para 79,6 g por nmol/L (p <0,01), força de pressão manual para 0,09 kg por nmol/L (p <0,01) e desempenho físico para 0,09 kg por nmol/L (p <0,01).

Vitamina D e Saúde

A suficiência de vitamina D não é apenas benéfica para o desempenho esportivo, aspectos de saúde também são afetados, de forma geral, por bons níveis desse nutriente, como em estudo de Dong e colaboradores (2010), com 559 adolescentes (14 a 18 anos; 49% mulheres; 45% negros), em que composição corporal foi mensurada por DEXA, nível de atividade física por uso de equipamento de Acelerometria (por 7 dias) e condicionamento cardiovascular por teste de esteira de vários estágios. Como resultados, verificou-se relação inversa entre 25(OH)D e níveis de adiposidade, como IMC (p = 0,02), perímetro abdominal (p <0,01), percentual de gordura (p <0,01), gordura visceral (p <0,015) e gordura subcutânea abdominal (p <0,039). Além disso, houve associação positiva entre a vitamina e atividade física vigorosa (r = 0,132; p <0,01) e consumo máximo de oxigênio (p = 0,025).

Nesse mesmo cenário, Thomson e colaboradores (2013) constataram, em amostra de 50 mulheres obesas ou com sobrepeso e com síndrome dos ovários policísticos (30,3 ± 6,3 anos; IMC: 36,5 ± 5,7 kg/m²), avaliada por 20 semanas, que mudanças em 25(OH)D [média inicial: 27,6 ± 9 nmol/L; 98% deficiente (<50 nmol/L); 2% insuficiente (50 a 75 nmol/L)] foram correlacionadas inversamente a perímetro

abdominal (r = -0,48; p <0,001) e colesterol total (r = -0,36; p = 0,01) quando controladas.

Baker e colaboradores (2012) também encontraram benefícios no perfil lipídico de 499 adultos (49,5 ± 12,4 anos; IMC: 27,2 ± 6 kg/m²; 17% homens) com artrite reumatóide, em que vitamina D foi associada inversamente a LDL (b = -0,029; p = 0,004) e triglicerídeos (b = -0,094; p = 0,001) e, independentemente, ao aumento de odds ratio (OR) para hiperlipidemia (OR: 1,72; p = 0,014) e síndrome metabólica (OR: 3,45; p <0,001). Nesse estudo, HDL não foi relacionada à vitamina.

No entanto, em estudo de Al-Daghri e colaboradores (2012), a prevalência de baixas concentrações de HDL e hipertensão foi maior em indivíduos com deficiência de vitamina D (p <0,05). Nesse estudo, 59 adultos com sobrepeso ou obesidade (31 homens; 38,6 ± 14,1 anos; IMC: 29,2 ± 9,1 kg/m²) foram orientados a exporem-se regularmente ao sol e aumentar a ingestão de alimentos ricos em vitamina D por 12 meses. Após a intervenção, 25(OH)D elevou-se (19,1 ± 1,5 para 28,4 ± 1,5; p <0,05) e a prevalência de Síndrome Metabólica reduziu (25,2% para 13%; p = 0,002), devido à redução da prevalência de valores reduzidos de HDL (0,66 ± 0,25 mmol/L para 1,05 ± 0,33 mmol/L; p <0,05; prevalência: 93% para 57,4%; p = 0,004) e triglicerídeos aumentados (prevalência: 28,1% para 24,1%; p = 0,23).

Na mesma linha de pensamento, Mheid e colaboradores (2011) averiguaram, em grupo de 554 indivíduos (47 ± 13 anos; 45% homens; IMC: 26 ± 5 kg/m²), que 25(OH)D (média: 31,8 ± 14 ng/ml) estava correlacionado à níveis de HDL (r = 0,2; p <0,001), além de estar associado à dilatação fluxo-mediada da artéria braquial (b = 0,1; p = 0,03), índice de hiperemia reativa (b = 0,23; p <0,001), velocidade de onda de pulso carótida-femoral (b = -0,09; p = 0,04), índice de aumento de tonometria radial (b = -0,11; p = 0,03) e razão de viabilidade subendocárdica (b = 0,18; p = 0,001). Em 42 (de 91) indivíduos com insuficiência de vitamina D (<30 ng/ml), a normalização dos níveis de 25(OH)D, em 6 meses, foi associada ao aumento do índice de hiperemia reativa (0,38 ± 0,14; p = 0,009) e razão de viabilidade subendocárdica (7,7 ± 3,1; p = 0,04) e redução de pressão arterial média (4,6 ± 2,3 mmHg; p = 0,02).

Alele e colaboradores (2013), igualmente, estudaram as propriedades cardiovasculares da vitamina D, em 936 indivíduos com diabetes tipo 2 ($59,7 \pm 8,4$ anos; 96,9% homens; tempo decorrido do diagnóstico: $11,4 \pm 7,5$ anos; IMC médio: $31,4 \text{ kg/m}^2$), acompanhados por 3,7 anos. Não houve diferença entre os quartis de níveis de vitamina D para risco de infarto do miocárdio [Hazard ratio (HR): 1,13], doença cardíaca coronária (HR: 0,87), insuficiência cardíaca congestiva (HR: 1,44) e morte por outras causas (HR: 1,04), assim como para razão de chances (odds ratio) de retinopatia e surgimento ou progressão de doença renal. No entanto, IMC ($p = 0,0001$), triglicerídeos ($p = 0,0046$) e hemoglobina glicada ($p = 0,0115$) foram fatores significativamente diferentes entre os quartis.

Kobza e colaboradores (2013), do mesmo modo, verificaram que curva glicêmica ($p < 0,05$) e glicemia de 2 horas ($p < 0,05$) foram maiores em indivíduos com deficiência de vitamina D [$25(\text{OH})\text{D} < 50 \text{ nmol/L}$; $n=7$] comparados aos com suficiência. O estudo avaliou, por 12 semanas, 35 indivíduos (19 mulheres; 61 ± 8 anos; IMC: $26,3 \pm 3,6 \text{ kg/m}^2$) não-diabéticos que realizaram treinamento de força (3 vezes/semana), consumindo dieta com quantidades baixas ($0,9 \pm 0,1 \text{ g/kg}$ de peso/dia) ou altas de proteína ($1,2 \pm 0 \text{ g/kg}$ /dia).

Como já é de conhecimento, o papel da vitamina D na saúde óssea é abordado em pesquisa de Barrack e colaboradores (2010), com 39 corredoras de cross-country ($15 \pm 0,2$ anos). As participantes que apresentaram elevado grau de renovação óssea [bone turnover; $n = 13$; níveis de BSAP (fosfatase alcalina ósseo-específica) e NTX (c-telopeptídeos de colágeno tipo I) ≥ 97], configuraram níveis menores de $25(\text{OH})\text{D}$, comparadas àquelas de renovação óssea normal ($32,3 \pm 1,5$ vs. $36,5 \pm 1 \text{ ng/ml}$; $p < 0,05$), indicando que baixas concentrações de vitamina D favorecem a perda óssea.

Ainda, outra possível relação da vitamina D, foi elucidada por Shin e Shim (2013), os quais associaram a vitamina ao risco de anemia em mulheres. No trabalho, 2.528 homens ($49,9 \pm 15,9$ anos) e 3.258 mulheres (pré-menopausa: $n = 1.640$ e $39,7 \pm 8,4$ anos; pós-menopausa: $n = 1.618$ e $61,4 \pm 12,1$ anos) foram divididos em quartis de níveis de $25(\text{OH})\text{D}$ e definiu-se anemia como hemoglobina $< 13 \text{ g/dl}$ em homens e $< 12 \text{ g/dl}$

em mulheres. Em resultado, as mulheres nos grupos de menores níveis de $25(\text{OH})\text{D}$ apresentaram risco aumentado para anemia, ajustado a fatores de confusão na pré-menopausa [Q1 ($\geq 18,45 \text{ ng/ml}$) = OR: 1; Q2 ($14,69$ a $18,44 \text{ ng/ml}$) = OR: 1,12; Q3 ($11,93$ a $14,68 \text{ ng/ml}$) = OR: 1,427; Q4 ($\leq 11,92 \text{ ng/ml}$) = OR: 1,821; $p = 0,009$] e pós-menopausa [Q1 ($\geq 22,04 \text{ ng/ml}$) = OR: 1; Q2 ($16,92$ a $22,03 \text{ ng/ml}$) = OR: 1,106; Q3 ($13,37$ a $16,91 \text{ ng/ml}$) = OR: 1,167; Q4 ($\leq 13,36 \text{ ng/ml}$) = OR: 1,583; $p = 0,038$).

Benefícios da Suplementação de Vitamina D

As vantagens da suplementação de vitamina D são bastante estudadas, principalmente em populações idosas. Como no estudo de Bogaerts e colaboradores (2011), com 113 mulheres idosas institucionalizadas [média dos 4 grupos: $78,7$ a $80,3$ anos; $26,4$ a $27,5 \text{ kg/m}^2$ de IMC; $25(\text{OH})\text{D}$ de $51,3$ a $56,5 \text{ nmol/L}$; mulheres com níveis $< 50 \text{ nmol/L}$ de $51,9$ a 63%] que realizaram ou não treinamento com exercícios na plataforma vibratória (3 vezes/semana), recebendo uma dose convencional de vitamina D3 (880 UI/dia) ou alta-dose (1.600 UI/dia). Em resultados, o desempenho no teste de caminhada de 10 m ($p < 0,001$), de sentar/levantar da cadeira ($p < 0,001$) e de força ($p < 0,001$) aumentou em todos os grupos e, em nenhum parâmetro, a alta-dose de vitamina D resultou em melhor desempenho que a convencional.

Tellioglu e colaboradores (2012) verificaram a diferença entre vias de administração de vitamina D, através da oferta de uma mega-dose oral (DO) ou intramuscular (DIM) de 600.000 UI de colecalciferol para 66 idosos (mais de 65 anos; $25(\text{OH})\text{D} < 30 \text{ ng/ml}$). Na 12ª semana, o grupo DIM (início: $11,76 \pm 7,6 \text{ ng/ml}$; 6ª semana: $32,72 \pm 9 \text{ ng/ml}$; 12ª semanas: $52,34 \pm 14,2 \text{ ng/ml}$; $p < 0,0001$) apresentou elevação de $25(\text{OH})\text{D}$ maior ($p = 0,003$) que o DO (início: $14,87 \pm 6,9 \text{ ng/ml}$; 6ª semana: $47,57 \pm 12,7 \text{ ng/ml}$; 12ª semanas: $42,94 \pm 13,4 \text{ ng/ml}$; $p < 0,0001$), e todos os participantes do grupo atingiram concentrações $\geq 30 \text{ ng/ml}$ (no grupo DO: 83,3%). A força muscular do quadríceps (DIM: $p = 0,014$; DO: $p = 0,039$) e pontuação de SPPB (DIM: $p = 0,02$; DO: $p = 0,039$) aumentaram em ambos os grupos, entretanto,

a pontuação de equilíbrio do SPPB aumentou apenas no DIM ($p = 0,022$). O único efeito adverso constatado foi hipercalcúria em 6 pacientes (9,6%).

Jetter e colaboradores (2014), igualmente, se detiveram a estudar a melhor forma de administração da vitamina D, através da oferta, para mulheres em pós-menopausa (50 a 70 anos), de: 20 μ g/dia de calcifediol ($n = 5$; por 15 semanas); 20 μ g/dia de vitamina D3 (colecalfiferol; $n = 5$; por 15 semanas); 140 μ g/semana de calcifediol ($n = 5$; por 15 semanas); 140 μ g/semana vitamina D3 ($n = 5$; por 15 semanas); dose única de 140 μ g de calcifediol ($n = 5$); dose única de 140 μ g de vitamina D3 ($n = 5$); dose única com 140 μ g de calcifediol 140 μ g de vitamina D3 ($n = 5$). Em resultado, os valores da Áreas Sob a Curva de Concentração versus Tempo (ASC 0-24h), a qual é uma medida para exposição à substância, foram 28% (em doses diárias) e 67% (em doses semanais) maiores depois da primeira dose de calcifediol do que da de vitamina D3. A administração da dose única de calcifediol resultou em valores de ASC (0-96h) de 25(OH)D3 117% maiores do que a mesma dose de vitamina D3, sendo que a ingestão simultânea de ambos não aumentou ainda mais a exposição. Em média de 16,8 dias, todas as mulheres ingerindo calcifediol (diário ou semanal) alcançaram níveis de 25(OH)D >30 ng/ml, os quais foram atingidos por 70% das mulheres que ingeriram vitamina D3 somente em uma média de 68,4 dias. Portanto, os autores concluíram que Calcifediol (diário, semanal ou dose única) é de 2 a 3 vezes mais potente que vitamina D3.

No âmbito cardiovascular, Yiu e colaboradores (2013) verificaram que a suplementação de vitamina D não melhorou função vascular, proteína C-reativa ultrasensível (PCRus), marcadores de estresse oxidativo, HDL, LDL e hemoglobina glicada. Na pesquisa, 100 indivíduos [25(OH)D <30 ng/ml; 65 \pm 8 anos; 50% homens; IMC intervenção: 25,8 \pm 4,3 kg/m²] com diabetes tipo 2 receberam suplemento (5.000 UI/dia; $n=50$) ou placebo ($n = 50$). Após 12 semanas, os pacientes em intervenção apresentaram aumento de 25(OH)D (34,7 ng/ml; $p < 0,001$) e cálcio sérico ionizado (0,037 mmol/L; $p = 0,018$) e redução de PTH (-0,55 pmol/L; $p = 0,042$) comparados a placebo.

Witham e colaboradores (2013) também chegaram à mesma conclusão do

estudo supracitado, a suplementação de vitamina D não melhorou função endotelial ou colesterol e, em adição, resistência à insulina e marcadores inflamatórios não tiveram melhora. No entanto, é importante destacar que os grupos dessa pesquisa apresentaram diferença significativa de IMC ($p < 0,05$), o que poderia ser um fator de confusão. O estudo foi composto por 50 mulheres (intervenção: 41,7 \pm 13,4 anos e IMC de 24,9 \pm 3,3 kg/m²; placebo: 39,4 \pm 11,8 anos e IMC de 28,7 \pm 5,5 kg/m²), com 25(OH)D <75 nmol/L (média: 27 nmol/L), que receberam dose única oral de vitamina D3 (100.000 UI) ou placebo. Após 4 e 8 semanas, o grupo suplementado teve elevação de 16 e 10 nmol/L de 25(OH)D, respectivamente ($p < 0,001$).

Wamberg e colaboradores (2013) corroboraram o exposto, em estudo com 52 indivíduos [18 a 50 anos; IMC >30 kg/m²; 25(OH)D <50 nmol/L], randomizados para receber 7.000 UI/dia de Vitamina D ou placebo por 26 semanas. A suplementação de Vitamina D elevou as concentrações médias de 25(OH)D (33 nmol/L para 110 nmol/L; $p < 0,0001$) e reduziu as de PTH (5,3 pmol/L para 4,5 pmol/L; $p < 0,01$) no grupo intervenção, porém, o tratamento não modificou tecido adiposo subcutâneo, visceral e intra-hepático (composição corporal por DEXA), lipídios intramiocelulares (Ressonância Magnética), resistência à insulina (HOMA-IR), pressão arterial, lipídios plasmáticos ou qualquer marcador inflamatório, incluindo PCRus, em comparação ao placebo. No início, os níveis de 25(OH)D foram correlacionados inversamente ao tecido adiposo intra-hepático ($p = 0,0008$).

Nesse contexto, Belenchia e colaboradores (2013) estudaram a suplementação de vitamina D3 (4.000 UI/dia ou placebo) em 35 adolescentes obesos [14,1 \pm 2,8 anos; IMC: 39,8 \pm 6,1 kg/m²; 25(OH)D: 19,6 \pm 7,1 ng/ml]. Depois de 6 meses, os participantes suplementados tiveram, significativamente, aumento de 25(OH)D (19,5 vs. 2,8 ng/ml; $p < 0,001$) e redução de insulina de jejum (-6,5 vs. +1,2 μ U/ml; $p = 0,026$), HOMA-IR (-1,363 vs. +0,27; $p = 0,033$) e relação de Leptina e Adiponectina (-1,41 vs. +0,1; $p = 0,045$), em comparação ao grupo placebo. Entretanto, não houve diferença significativa de IMC, marcadores inflamatórios ou glicemia entre os grupos.

Chen e colaboradores (2014) estudaram 69 pacientes (média: 67,7 anos; $21,6 \pm 1,82$ kg de gordura; 57% homens no grupo intervenção) com hipercolesterolemia (colesterol total >220 mg/dl), recebendo vitamina D (2.000 UI/dia) ou placebo, como adicional à estatina. Depois de 6 meses, comparado ao grupo placebo, a intervenção teve elevação de 25(OH)D ($+16,3 \pm 11,4$ ng/ml vs. $+2,4 \pm 7,1$ ng/ml; $p < 0,001$) e redução de colesterol total ($-22,1$ mg/dl vs. $-12,2$ mg/dl; $p < 0,001$) e triglicerídeos (-28 mg/dl vs. $-8,84$ mg/dl; $p < 0,001$). Nos pacientes com 25(OH)D <30 ng/ml no início ($n = 43$), o colesterol total e triglicerídeos foram reduzidos em $-28,5 \pm 11,9$ mg/dl ($p < 0,001$) e $-37,1 \pm 19,5$ mg/dl ($p < 0,001$), respectivamente. Ainda, com a suplementação, níveis de PTH reduziram ($40,7 \pm 15,1$ vs. $53,9 \pm 17,6$ pg/ml; $p < 0,05$) e de cálcio sérico aumentaram em $0,07$ mEq/l ($p = 0,001$). Concluiu-se que mudanças em 25(OH)D ($p = 0,01$) e cálcio ($p < 0,05$) são correlacionados negativamente ao colesterol total.

Tratando-se de outro benefício da suplementação de vitamina D, Homix e colaboradores (2012) verificaram, em 50 indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), o aumento dos níveis médios de vitamina D ($p < 0,001$) e consumo máximo de oxigênio (mudança desde o início = 110 ± 211 ml/min vs. -20 ± 187 ml/min; $p = 0,029$), relacionando-se grupo intervenção (100.000 UI/mês por 3 meses) e placebo.

Em grupos mais jovens, também se encontrou melhoramentos no desempenho físico com a suplementação de vitamina D, como no estudo de Wyon e colaboradores (2014), com 24 dançarinos de ballet clássico (13 mulheres; n intervenção = 17; n controle = 7), praticantes de 6 a 8h de dança/dia (38 h/semana), que receberam suplementação oral de 2.000 UI/dia de vitamina D3 por 4 meses de inverno. No final, o grupo intervenção apresentou aumento de força isométrica (18,7%; $p < 0,01$) e salto vertical (7,1%; $p < 0,01$), e redução de lesões, quando comparado ao controle ($p < 0,01$).

Carrillo e colaboradores (2013) estudaram 23 adultos com sobrepeso ou obesidade ($26,1 \pm 4,7$ anos; IMC: $31,3 \pm 3,2$ kg/m²; 25(OH)D: $19,3 \pm 7,2$ ng/ml; 12 mulheres), randomizados para ingerir 4.000 UI/dia de vitamina D ou placebo e realizar treino de força (3 dias/semana). Em 12

semanas, 25(OH)D aumentou no grupo intervenção (início: $20,8 \pm 8,3$ ng/ml; fim: $33,4 \pm 7,2$ ng/ml; $p < 0,05$), onde PTH teve redução mais significativa comparado ao grupo placebo (intervenção: $-11,7 \pm 10,6$ pg/ml; placebo: $+0,3 \pm 8,9$ pg/ml; $p < 0,05$). Além disso, potência de pico (função muscular) aumentou, em 4 semanas, com a suplementação ($p < 0,05$) e constatou-se associação inversa entre 25(OH)D e alteração na Relação Cintura-Quadril ($p = 0,02$).

A suplementação de vitamina D foi relacionada à recuperação de Edema de Medula Óssea em tronco inferior e extremidades (diagnóstico por Ressonância Magnética) de 25 atletas de alta performance (60% de futebol e 40% de outros esportes; 3 mulheres; $25 \pm 4,2$ anos), em pesquisa de Simon e colaboradores (2014). Primeiramente, corrigiu-se a deficiência de vitamina D de 60% dos atletas com dose oral de 20.000 UI (objetivo: 25(OH)D >30 mg/L) e, então, administrou-se dose única de 3 mg de Ibandronato intravenoso, medicamento indicado para o tratamento de osteoporose em mulheres pós-menopausa objetivando redução de fraturas, repetida, uma a duas vezes, após 4 a 6 semanas, em caso de ausência de melhoras, e suplementação diária de 400 UI de Vitamina D e 600 mg de Cálcio, por 6 semanas. Após intervenção, verificou-se que quando o tempo entre o início da dor e o diagnóstico foi <40 dias, o tempo de retorno dos atletas à competição foi, significativamente, reduzido para quase 50% ($63,8 \pm 48,1$ dias) comparado àqueles com diagnóstico tardio ($124,4 \pm 63,2$ dias). Além disso, reportou-se redução de dor (em repouso e sob tensão) e aumento da mobilidade, nas primeiras duas semanas, de 64% dos atletas.

Em estudo de Economos e colaboradores (2014), 176 crianças [55 meninas; $8,04 \pm 1,42$ anos; 21,7% com insuficiência de vitamina D; média de 25(OH)D: $27,4 \pm 11,1$ ng/ml], foram randomizadas a receber, diariamente: CaD (700 mg de cálcio e 200 UI de vitamina D); CaDEA (700 mg de cálcio, 200 UI de vitamina D, 12 UI de vitamina E e 2.000 UI de vitamina A, como beta-caroteno); ou Ca (700 mg de cálcio). Após 12 semanas, o aumento de 25(OH)D do grupo CaD foi maior que o grupo Ca ($5,09$ ng/ml; $p = 0,029$).

CONCLUSÃO

A suficiência de vitamina D [25(OH)D ≥ 30 ng/ml] parece estar relacionada, dependendo da população estudada, a: melhor desempenho físico (aeróbico e anaeróbico); melhor recuperação muscular; menor percentual de gordura corporal, incluindo menor quantidade de gordura abdominal; maior quantidade de massa magra; melhor função vascular; menores níveis de PTH; menor incidência de Síndrome Metabólica; melhor perfil lipídico; melhor resposta imunológica; maior tolerância à glicose; menor incidência de anemia.

Dada a importância de níveis suficientes de vitamina D para a saúde do ser humano, de forma geral, também é essencial destacar alguns dos fatores de relacionados à deficiência desse nutriente como: idade, sexo, etnia, exposição solar, IMC, percentual de gordura, prática de exercícios físicos, ingestão de fontes de cálcio e vitamina D, consumo de suplementos de cálcio e vitamina D, sazonalidade, diabetes e hipertensão.

É válido destacar que nem todas as conclusões citadas são de concordância unânime entre os pesquisadores, configurando uma necessidade de ainda mais pesquisas aprofundadas acerca da vitamina D. Entretanto, parece que os níveis adequados e a suplementação de vitamina D desempenham funções e levam a resultados distintos dependendo da população estudada ou em intervenção, destacando a relevância da realização de estudos de amostras populacionais com características diversas.

REFERÊNCIAS

- 1-Al-Daghri, N.M.; Alkharfy, K.M.; Al-Saleh, Y.; Al-Attas, O.S.; Alokail, M.S.; Al-Othman, A.; Moharram, O.; El-Kholie, E.; Sabico, S.; Kumar, S.; Chrousos, J.P. Modest reversal of metabolic syndrome manifestations with vitamin D status correction: a 12-month prospective study. *Metab Clin Exp*. Vol. 61. 2012. p. 661-666.
- 2-Alele, J.D.; Luttrell, L.M.; Hollis, B.W.; Luttrell, D.K.; Hunt, K.J. Relationship between vitamin D status and incidence of vascular events in the Veterans Affairs Diabetes Trial. *Atherosclerosis*. Vol. 228. 2013. p. 502-507.
- 3-Al-Othman, A.; Al-Musharaf, S.; Al-Daghri, N.M.; Krishnaswamy, S.; Yusuf, D.S.; Khalid, M.; Alkharfy, K.M.; Al-Saleh, Y.; Al-Attas, O.S.; Alokail, M.S.; Moharram, O.; Sabico, S.; Chrousos, G.P. Effect of physical activity and sun exposure on vitamin D status of Saudi children and adolescents. *BMC Pediatrics*. Vol. 12. 2012. p. 92-97.
- 4-Baker, J.F.; Mehta, N.N.; Baker, D.G.; Toedter, G.; Shults, J.; Feldt, J.M.V.; Leonard, M.B. Vitamin D, Metabolic Dyslipidemia, and Metabolic Syndrome in Rheumatoid Arthritis. *Am J Med*. Vol. 125. 2012. p. 1036e9-1036e15.
- 5-Barker, T.; Henriksen, V.T.; Martins, T.B.; Hill, H.R.; Kjeldsberg, C.R.; Schneider, E.D.; Dixon, B.M.; Weaver, L.K. Higher Serum 25-Hydroxyvitamin D Concentrations Associate with a Faster Recovery of Skeletal Muscle Strength after Muscular Injury. *Nutrients*. Vol. 5. 2013. p. 1253-1275.
- 6-Barker, T.; Martins, T.B.; Hill, H.R.; Kjeldsberg, C.R.; Dixon, B.M.; Schneider, E.D.; Henriksen, V.T.; Weaver, L.K. Vitamin D sufficiency associates with an increase in anti-inflammatory cytokines after intense exercise in humans. *Cytokine*. Vol. 65. 2014. p. 134-137.
- 7-Barrack, M.T.; Van Loan, M.D.; Rauh M.J.; Nichols, J.F. Physiologic and behavioral indicators of energy deficiency in female adolescent runners with elevated bone turnover. *Am J Clin Nutr*. Vol. 92. 2010. p. 652-9.
- 8-Bartoszewski, M.; Kamboj, M.; Patel, D.R. Vitamin D, Muscle Function, and Exercise Performance. *Pediatr Clin N Am*. Vol. 57. 2010. p. 849-861.
- 9-Belenchia, A.M.; Tosh, A.K.; Hillman, L.S.; Peterson, C.A. Correcting vitamin D insufficiency improves insulin sensitivity in obese adolescents: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. Vol. 97. 2013. p. 774-781.
- 10-Bogaerts, A.; Delecluse, C.; Boonen, S.; Claessens, A.L.; Milisen, K.; Verschueren, S.M.P. Changes in balance, functional performance and fall risk following whole body vibration training and vitamin D

supplementation in institutionalized elderly women. A 6 month randomized controlled trial. *Gait Posture*. Vol. 33. 2011. p. 466-472.

11-Brock, K.; Huang, W.Y.; Fraserc, D.R.; Ke, L.; Tseng, M.; Stolzenberg-Solomon, R.; Petersf, U.; Ahn, J.; Purdue, M.; Mason, R.S.; McCarty, C.; Ziegler, R.G.; Graubard, B. Low vitamin D status is associated with physical inactivity, obesity and low vitamin D intake in a large US sample of healthy middle-aged men and women. *J Steroid Biochem Mol Biol*. Vol. 121. 2010. p. 462-466.

12-Carrillo, A.E.; Flynn, M.G.; Pinkston, C.; Markofski, M.M.; Jiang, Y.; Donkin, S.S.; Teegarden, D. Impact of vitamin D supplementation during a resistance training intervention on body composition, muscle function, and glucose tolerance in overweight and obese adults. *Clin Nutr*. Vol. 32. 2013. p. 375-381.

13-Chen, W.R.; Chen, Y.D.; Shi, Y.; Yin, D.W.; Wang, H. Effects of vitamin D on plasma lipid profiles in statin-treated patients with hypercholesterolemia: a randomized placebo-controlled trial. *Clin Nutr*. 2014. doi: 10.1016/j.clnu.2014.04.017.

14-Cinar, N.; Harmanci, A.; Yildiz, B.O.; Bayraktar, M. Vitamin D status and seasonal changes in plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in office workers in Ankara, Turkey. *Eur J Intern Med*. Vol. 25. 2014. p. 197-201.

15-Dirks-Naylor, A.J.; Lennon-Edwards, S. The effects of vitamin D on skeletal muscle function and cellular signaling. *J Steroid Biochem*. Vol. 125. 2011. p. 159-168.

16-Dong, Y.; Pollock, N.; Stallmann-Jorgensen, I.S.; Gutin, B.; Lan, L.; Chen, T.C.; Keeton, D.; Petty, K.; Holick, M.F.; Zhu, H. Low 25-Hydroxyvitamin D Levels in Adolescents: Race, Season, Adiposity, Physical Activity, and Fitness. *Pediatrics*. Vol. 125. Num. 6. 2010. p. 1104-1111.

17-Economos, C.D.; Moore, C.E.; Hyatt, R.R.; Kuder, J.; Chen, T.; Meydani, S.N.; Meydani, M.; Klein, E.; Biancuzzo, R.M.; Holick, M.F. Multinutrient-Fortified Juices Improve Vitamin D and Vitamin E Status in Children: A

Randomized Controlled Trial. *J Acad Nutr Diet*. Vol. 114. 2014. p. 709-717.

18-Galan, F.; Ribas, J.; Sánchez-Martinez, P.M.; Calero, T.; Sánchez, A.B.; Muñoz, A. Serum 25-hydroxyvitamin D in early autumn to ensure vitamin D sufficiency in mid-winter in professional football players. *Clin Nutr*. Vol. 31. 2012. p. 132-136.

19-García, R.B.; Guisado, F.A.R. Low levels of vitamin D in professional basketball players after wintertime: relationship with dietary intake of vitamin D and calcium. *Nutr Hosp*. Vol. 26. Num. 5. 2011. p. 945-951.

20-Grant, W.B. Benefits of ultraviolet-B irradiance and vitamin D in youth. *J Steroid Biochem*. Vol. 136. 2013. 221-223.

21-Grimaldi, A.S.; Parker, B.A.; Capizzi, J.A.; Clarkson, P.M.; Pescatello, L.S.; White, C.M.; Thompson, P.D. 25(OH) Vitamin D is Associated with Greater Muscle Strength in Healthy Men and Women. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 45. Num. 1. 2013. p. 157-162.

22-Hamilton, B.; Whiteley, R.; Farooq, A.; Chalabi, H. Vitamin D concentration in 342 professional football players and association with lower limb isokinetic function. *J Sci Med Sport*. Vol. 17. 2014. p. 139-143.

23-He, C.; Handzlik, M.; Fraser, W.D.; Muhamad, A.; Preston, H.; Richardson, A.; Gleeson, M. Influence of vitamin D status on respiratory infection incidence and immune function during 4 months of winter training in endurance sport athletes. *EIR*. Vol. 19. 2013. p. 86-101.

24-Holick, M.F. Vitamin D Status: Measurement, Interpretation, and Clinical Application. *Ann Epidemiol*. Vol. 19. 2009. p. 73-78.

25-Houston, D.K.; Tooze, J.A.; Hausman, D.B.; Johnson, M.A.; Nicklas, B.J.; Miller, M.E.; Neiberg, R.H.; Marsh, A.P.; Newman, A.B.; Blair, S.N.; Kritchevsky, S.B. Change in 25-Hydroxyvitamin D and Physical Performance in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. Vol. 66. Num. 4. 2011. p. 430-436.

- 26-Houston, D.K.; Tooze, J.A.; Neiberg, R.H.; Hausman, D.B.; Johnson, M.A.; Cauley, J.A.; Bauer, D.C.; Cawthon, P.M.; Shea, M.K.; Schwartz, G.G.; Williamson, J.D.; Tylavsky, F.A.; Visser, M.; Simonsick, E.M.; Harris, T.B.; Kritchevsky, S.B. 25-Hydroxyvitamin D Status and Change in Physical Performance and Strength in Older Adults. *Am J Epidemiol.* Vol. 176. Num. 11. 2012. p. 1025-1034.
- 27-Janssen, H.C.J.P.; Emmelot-Vonk, M.H.; Verhaar, H.J.J.; Van Der Schouw, Y.T. Determinants of vitamin D status in healthy men and women aged 40–80 years. *Maturitas.* Vol. 74. 2013a. p. 79-83.
- 28-Janssen, H.C.J.P.; Emmelot-Vonk, M.H.; Verhaar, H.J.J.; Van Der Schouw, Y.T. Vitamin D and Muscle Function: Is There a Threshold in the Relation? *Jamda.* Vol. 14. 2013b. p. 627e13-627e18.
- 29-Jetter, A.; Egli, A.; Dawson-Hughes, B.; Staehelin, H.B.; Stoecklin, E.; Goessl, R.; Henschkowski, J.; Bischoff-Ferrari, H. A. Pharmacokinetics of oral vitamin D3 and calcifediol. *Bone.* Vol. 59. 2014. p. 14-19.
- 30-Jungert, A.; Neuhäuser-Berthold, M. Dietary vitamin D intake is not associated with 25-hydroxyvitamin D3 or parathyroid hormone in elderly subjects, whereas the calcium-to-phosphate ratio affects parathyroid hormone. *Nutr Res.* Vol. 33. 2013. p. 661-667.
- 31-Kluczynski, M.A.; LaMonte, M.J.; Mares, J.A.; Wactawski-Wende, J.; Smith, A.W.; Engelman, C.D.; Andrews, C.A.; Snetselaar, L.G.; Sarto, G.E.; Millen, A.E. Duration of Physical Activity and Serum 25-hydroxyvitamin D Status of Postmenopausal Women. *Ann Epidemiol.* Vol. 21. Num. 6. 2011. p. 440-449.
- 32-Kobza, V.M.; Fleet, J.C.; Zhou, J.; Conley, T.B.; Peacock, M.; Iglay Reger, H.B.; DePalma, G.; Campbell, W.W. Vitamin D status and resistance exercise training independently affect glucose tolerance in older adults. *Nutr Res.* Vol. 33. 2013. p. 349-357.
- 33-Lanteri, P.; Lombardi, G.; Colombini, A.; Banfi, G. Vitamin D in exercise: Physiologic and analytical concerns. *Chim Acta.* Vol. 415. 2013. 45-53.
- 34-Levitan, E.B.; Judd, S.E. Patients With Heart Failure? Can Vitamin D Supplementation Improve Physical Function and Quality of Life in Older. *Circ Heart Fail.* Vol. 3. 2010. p. 183-184.
- 35-Marwaha, R.K.; Puri, S.; Tandon, N.; Dhir, S.; Agarwal, N.; Bhadra, K.; Saini, N. Effects of sports training & nutrition on bone mineral density in young Indian healthy females. *Indian J Med Res.* Vol. 134. 2011. p. 307-313.
- 36-Mason, C.; Xiao, L.; Imayama, I.; Duggan, C.R.; Bain, C.; Foster-Schubert, K.E.; Kong, A.; Campbell, K.L.; Wang, C.; Neuhouser, M.L.; Li, L.; Jeffery, R.W.; Robien, K.; Alfano, C.M.; Blackburn, G.L.; McTiernan, A. Effects of weight loss on serum vitamin D in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr.* Vol. 94. 2011. p. 95-103.
- 37-Mason, C.; Xiao, L.; Imayama, I.; Duggan, C.R.; Bain, C.; Foster-Schubert, K.E.; Kong, A.; Campbell, K.L.; Wang, C.; Neuhouser, M.L.; Li, L.; Jeffery, R.W.; Robien, K.; Alfano, C.M.; Blackburn, G.L.; McTiernan, A. Influence of diet, exercise and serum vitamin D on sarcopenia in post-menopausal women. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 45. Num. 4. 2013. p. 607-614.
- 38-Mheid, I.A.; Patel, R.; Murrow, J.; Morris, A.; Rahman, A.; Fike, L.; Kavtaradze, N.; Uphoff, I.; Hooper, C.; Tangpricha, V.; Alexander, R.W.; Brigham, K.; Quyyumi, A.A. Vitamin D Status Is Associated With Arterial Stiffness and Vascular Dysfunction in Healthy Humans. *J Am Coll Cardiol.* Vol. 58. 2011. p. 186-92.
- 39-Michael, Y.L.; Smit, E.; Seguin, R.; Curb, J.D.; Phillips, L.S.; Manson, J.E. Serum 25-Hydroxyvitamin D and Physical Performance in Postmenopausal Women. *J Womens Health Issues Care.* Vol. 20. Num. 11. 2011. p. 1603-1608.
- 40-Shin, J.Y.; Shim, J.Y. Low vitamin D levels increase anemia risk in Korean women. *Clin Chim Acta.* Vol. 421. 2013. p. 177-180.
- 41-Simon, M.J.K.; Barvencik, F.; Luttko, M.; Amling, M.; Mueller-Wohlfahrt, H.; Ueblacker, P. Intravenous bisphosphonates and vitamin D in the treatment of bone marrow oedema in

professional athletes. *Injury*. Vol. 45. 2014. p. 981-987.

42-Springbett, P.; Buglass, S.; Young, A.R. Photoprotection and vitamin D status. *J Photochem Photobiol B*. Vol. 101. 2010. p. 160-168.

43-Tellioglu, A.; Basaran, S.; Guzel, R.; Seydaoglu, G. Efficacy and safety of high dose intramuscular or oral cholecalciferol in vitamin D deficient/insufficient elderly. *Maturitas*. Vol. 72. 2012. p. 332-338.

44-Thomson, R.L.; Spedding, S.; Brinkworth, G.D.; Noakes, M.; Buckley, J.D. Seasonal effects on vitamin D status influence outcomes of lifestyle intervention in overweight and obese women with polycystic ovary syndrome. *Fertil Steril*. Vol. 99. Num. 6. 2013. p. 1779-1785.

45-Tidwella, D.K.; Valliant, M.W. Higher amounts of body fat are associated with inadequate intakes of calcium and vitamin D in African American women. *Nutr Res*. Vol. 31. 2011. p. 527-536.

46-Toffanello, E.D.; Perissinotto, E.; Sergi, G.; Zambon, S.; Musacchio, E.; Maggi, S.; Coin, A.; Sartori, L.; Corti, M.; Baggio, G.; Crepaldi, G.; Manzato, E. Vitamin D and Physical Performance in Elderly Subjects: The Pro.V.A Study. *PLoS ONE*. Vol. 7. Num. 4. 2012. p. 1-9.

47-Wamberg, L.; Kampmann, U.; Stødkilde-Jørgensen, H.; Rejnmark, L.; Pedersen, S.B.; Richelsen, B. Effects of vitamin D supplementation on body fat accumulation, inflammation, and metabolic risk factors in obese adults with low vitamin D levels - Results from a randomized trial. *Eur J Intern Med*. Vol. 24. 2013. p. 644-649.

48-Witham, M.D.; Adams, F.; Kabir, G.; Kennedy, G.; Belch, J.J.F.; Khan, F. Effect of short-term vitamin D supplementation on markers of vascular health in South Asian women living in the UK e A randomised controlled trial. *Atherosclerosis*. Vol. 230. 2013. p. 293-299.

49-Wolman, R.; Wyon, M.A.; Koutedakis, Y.; Nevill, A.M.; Eastell, R.; Allen, N. Vitamin D

status in professional ballet dancers: Winter vs. summer. *J Sci Med Sport*. Vol. 16. 2013. p. 388-391.

50-Wyon, M.A.; Koutedakis, 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. *J Sci Med Sport*. Vol. 17. 2014. p. 8-12.

51-Yiu, Y.; Yiu, K.; Siu, C.; Chan, Y.; Li S.; Wong, L.; Lee, S.W.L.; Tam, S.; Wong, E.W.K.; Lau, C.; Cheung, B.M.Y.; Tse, H. Randomized controlled trial of vitamin D supplement on endothelial function in patients with type 2 diabetes. *Atherosclerosis*. Vol. 227. 2013. p. 140-146.

1-Nutricionista Pós-Graduada em Nutrição Clínica e Esportiva - Instituto de Pesquisas Ensino e Gestão em Saúde, Caxias do Sul-RS, Brasil.

2-Nutricionista e Mestre em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-RS, Brasil.

E-mails:

patricia_ferrarini@hotmail.com

rodrigomacedonutri@hotmail.com

Endereço para correspondência:

Patrícia Ferrarini

Rua Visconde de Pelotas, 1447, apto 33 Oeste, Bairro Centro, Caxias do Sul-RS, Brasil.

CEP: 95020-183.

Recebido para publicação em 10/09/2014

Aceito em 10/11/2014

Segunda versão em 04/05/2015