

COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS ÓSSEOS POR REGIÃO CORPORAL EM ATLETAS UNIVERSITÁRIOS: REVISÃO SISTEMÁTICA

COMPARISON OF BONE PARAMETERS BY BODY REGION IN UNIVERSITY ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW

COMPARACIÓN DE PARÁMETROS ÓSEOS POR REGIÓN CORPORAL EN ATLETAS UNIVERSITARIOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA

Mikael Seabra Moraes¹ 
 (Profissional de Educação Física)
 Priscila Custódio Martins¹ 
 (Profissional de Educação Física)
 Diego Augusto Santos Silva¹ 
 (Profissional de Educação Física)

1. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Pesquisas em Cinantropometria e Desempenho Humano, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

Correspondência

Diego Augusto Santos Silva.
 Universidade Federal de Santa Catarina – Centro de Desportos, Departamento de Educação Física, Campus Universitário – Trindade – Caixa Postal 476, CEP 88040-900. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. diegoaugustoss@yahoo.com.br

RESUMO

Introdução: A densidade mineral óssea (DMO) e o conteúdo mineral ósseo (CMO) variam dependendo do esporte praticado e região corporal, e sua medição pode ser uma forma eficaz de prever riscos para a saúde ao longo da vida de um atleta. **Objetivo:** Descrever os aspectos metodológicos (mensuração dos parâmetros ósseos, regiões corporais, erros de precisão e covariáveis) e comparar a DMO e o CMO por região corporal (corpo total, membros superiores, membros inferiores e tronco) em atletas universitários de diferentes modalidades esportivas. **Métodos:** A busca foi realizada nos bancos de dados PubMed, Web of Science, Scopus, ScienceDirect, EBSCOhost, SportDiscus, LILACS e SciELO. Foram selecionados estudos que: (1) compararam a DMO e o CMO de atletas que praticam pelo menos dois esportes; (2) usaram absorciometria de raios X de dupla energia (DXA) para avaliar os parâmetros ósseos e (3) com foco em atletas universitários. Os dados extraídos foram local do estudo, seleção dos participantes, sexo dos participantes, esporte praticado, tipo de estudo, parâmetros ósseos, modelo DXA, software utilizado, varredura e regiões corporais, erro de precisão, protocolo de precisão, covariáveis e comparação de parâmetros ósseos entre esportes por região do corpo. **Resultados:** Os principais resultados foram: 1) DMO como parâmetro ósseo mais investigado; 2) corpo total, coluna lombar e parte proximal do fêmur (principalmente colo do fêmur) como as regiões corporais mais estudadas; 3) embora não seja recomendado, o coeficiente de variação foi o principal indicador de erro de precisão; 4) massa corporal total e estatura como covariáveis mais usadas; 5) nadadores e corredores têm valores mais baixos de DMO e CMO e 6) especula-se que jogadores de basquete e ginastas têm maior potencial osteogênico. **Conclusões:** Nadadores e corredores devem incluir exercícios de sustentação de peso na rotina de treinamento. Além da massa corporal e da estatura, outras covariáveis são importantes. Os resultados desta revisão podem ajudar a orientar estratégias de intervenção focadas na prevenção de doenças e problemas de saúde durante e depois da carreira esportiva. **Nível de evidência II, Revisão sistemática.**

Descritores: Absorciometria de fóton; Osso e Ossos; Remodelação óssea; Desempenho atlético; Universidades.

ABSTRACT

Introduction: Bone mineral density (BMD) and bone mineral content (BMC) vary depending on the type of sport practiced and the body region, and their measurement can be an effective way to predict health risks throughout an athlete's life. **Objective:** To describe the methodological aspects (measurement of bone parameters, body regions, precision errors and covariates) and to compare BMD and BMC by body region (total body, upper limbs, lower limbs and trunk) among university athletes practicing different sports. **Methods:** A search was performed on the databases PubMed, Web of Science, Scopus, ScienceDirect, EBSCOhost, SportDiscus, LILACS and SciELO. Studies were selected that: (1) compared BMD and BMC of athletes practicing at least two different sports (2) used dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) to assess bone parameters (3) focused on university athletes. The extracted data were: place of study, participant selection, participants' sex, sport practiced, type of study, bone parameters, DXA model, software used, scan and body regions, precision error, precision protocol, covariates and comparison of bone parameters between different sports by body region. **Results:** The main results were: 1) BMD is the most investigated bone parameter; 2) total body, lumbar spine and proximal femur (mainly femoral neck) are the most studied body regions; 3) although not recommended, the coefficient of variation is the main indicator of precision error; 4) total body mass and height are the most commonly used covariates; 5) swimmers and runners have lower BMD and BMC values; and 6) it is speculated that basketball players and gymnasts have greater osteogenic potential. **Conclusions:** Swimmers and runners should include weight-bearing exercises in their training routines. In addition to body mass and height, other covariates are important. The results of this review can help guide intervention strategies focused on preventing diseases and health problems during and after the athletic career. **Level of evidence II; Systematic Review.**

Keywords: Absorptiometry, photon; Bone and Bones; Bone remodeling; Athletic performance; Universities.



RESUMEN

Introducción: La densidad mineral ósea (DMO) y el contenido mineral óseo (CMO) varían en función del deporte practicado y de la región corporal, y su medición puede ser una forma efectiva de predecir los riesgos para la salud a lo largo de la vida de un atleta. **Objetivo:** Describir los aspectos metodológicos (medición de parámetros óseos, regiones corporales, errores de precisión y covariables) y comparar la DMO y el CMO por región corporal (cuerpo total, miembros superiores, miembros inferiores y tronco) en atletas universitarios de diferentes deportes. **Métodos:** La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed, Web of Science, Scopus, ScienceDirect, EBSCOhost, SportDiscus, LILACS y SciELO. Se seleccionaron estudios que: (1) compararon la DMO y el CMO de atletas que practicaban al menos dos deportes; (2) utilizaron la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA) para evaluar los parámetros óseos y (3) se centraron en atletas universitarios. Los datos extraídos fueron: ubicación del estudio, selección de los participantes, sexo de los participantes, deporte practicado, tipo de estudio, parámetros óseos, modelo de DXA, software utilizado, escaneo y regiones corporales, error de precisión, protocolo de precisión, covariables y comparación de parámetros óseos entre deportes por región corporal. **Resultados:** Los principales resultados fueron: 1) DMO como el parámetro óseo más investigado; 2) cuerpo total, columna lumbar y parte proximal del fémur (principalmente cuello femoral) como las regiones corporales más estudiadas; 3) aunque no se recomienda, el coeficiente de variación fue el principal indicador de error de precisión; 4) la masa corporal total y la altura fueron las covariables más utilizadas; 5) los nadadores y corredores presentan valores más bajos de DMO y CMO; 6) se especula un mayor potencial osteogénico en jugadores del baloncesto y gimnastas. **Conclusiones:** Los nadadores y corredores deben incluir ejercicios con pesas en su rutina de entrenamiento. Además de la masa corporal y la altura, otras covariables son importantes. Los resultados de esta revisión pueden guiar las estrategias de intervención centradas en la prevención de enfermedades y problemas de salud durante y después de la carrera deportiva. **Nivel de evidencia II, Revisión Sistemática.**

Descriptor: Absorciometría de fotón; Huesos; Remodelación ósea; Rendimiento atlético; Universidades.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202127062020_0051

Artigo recebido em 19/06/2020 aprovado em 22/02/2021

INTRODUÇÃO

O osso é um tecido vivo com funções vitais, como armazenamento estrutural e mineral.¹ O efeito da participação em esporte sobre os parâmetros ósseos durante a infância, a adolescência²⁻⁶ e nos adultos jovens^{3,7-9} foi amplamente descrita. Esses estudos identificaram que indivíduos que praticaram esportes nas primeiras décadas de vida tiveram risco significativamente reduzido de morbidade e mortalidade por doenças decorrentes da deterioração das estruturas ósseas, como osteoporose, osteoartrite e fraturas. Dois macroindicadores de saúde óssea são o conteúdo mineral ósseo (CMO) e a densidade mineral óssea (DMO).¹⁰

No contexto esportivo, as respostas adaptativas que afetam diretamente a DMO e o CMO variam de acordo com magnitude, velocidade e frequência da carga de atividade.^{9,11-13} Nikander *et al.*¹² sugerem uma classificação interessante do efeito osteogênico do esporte: (1) impactos verticais de alta magnitude (ginástica), (2) impactos de magnitude moderada de direções variadas e incomuns (futebol e *badminton*), (3) forças musculares de alta magnitude (levantamento de peso), (4) um grande número de impactos de magnitude baixa a moderada (corrida de longa distância) e (5) um grande número de contrações musculares consecutivas sem sustentação de peso (natação).^{12,13}

Embora o direcionamento quanto à comparação entre os esportes já tenha sido estabelecido, ou seja, quanto maior a carga de impacto do esporte mais osteogênico ele é,^{11,12,14} ainda não se resumiu na literatura, a comparação entre esportes em regiões específicas do corpo, como membros superiores, membros inferiores e tronco. Essa comparação pode diferenciar DMO e CMO de esportes de mesma classificação de impacto e que têm ênfase na mesma na região corporal.

Além disso, outros fatores podem afetar a saúde óssea em atletas, como nutrição inadequada, não praticar exercícios com levantamento de peso, cálcio e vitamina D, irregularidades menstruais, uso de medicamentos e hormônios.^{8,9} Portanto, é necessário considerar esses fatores ao analisar o impacto do esporte sobre os parâmetros ósseos. Além disso, a absorciometria de raios X de dupla energia (DXA) é o método

de referência para avaliação de DMO, mas o erro de precisão deve seguir um protocolo rígido.¹⁵⁻¹⁷ A International Society for Clinical Densitometry (ISCD) recomenda veementemente que o erro de precisão seja calculado para determinar a mudança menos significativa (LSC), isto é, a menor quantidade de mudança de DMO que pode ser considerada estatisticamente significativa.^{16,17} O protocolo detalhado para atletas foi descrito,¹⁶ mas nenhum estudo de revisão sistemática resumiu essas informações, o que foi feito na presente revisão.

Os atletas universitários foram o foco desta revisão, uma vez que aproximadamente 20% da massa óssea podem ser modificados até a terceira década de vida,⁸ ou seja, esses atletas são mais suscetíveis a alterações do metabolismo ósseo pelos fatores modificáveis do que atletas profissionais, o que pode auxiliar futuras intervenções na saúde óssea dos atletas. Os atletas universitários em geral têm menos tempo de treinamento e de prática do que atletas profissionais,¹⁸ o que os diferencia quanto aos resultados de saúde. Assim sendo, o objetivo desta revisão foi descrever os aspectos metodológicos (parâmetros ósseos medidos por DXA, regiões corporais investigadas, erros de precisão e covariáveis) e comparar DMO e CMO por região corporal (corpo total, membros superiores, membros inferiores e tronco) entre atletas universitários de diferentes modalidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Registro

O protocolo desta revisão sistemática foi registrado no Registro Prospectivo Internacional de Revisões Sistemáticas (PROSPERO), com o número CRD42018083113. O relatório desta revisão está de acordo com os Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas (PRISMA).¹⁹

Fontes de informação

A busca sistemática foi realizada até 13 de janeiro de 2021 em oito bancos de dados: 1) Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE) por PubMed; 2) Web of Science; 3) Scopus; 4) ScienceDirect; 5) MEDLINE, pela plataforma EBSCOhost; 6) SportDiscus;

7) Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS) e 8) Scientific Electronic Library Online (SciELO).

Estratégia de busca, descritores e palavras-chave

A busca de artigos nos bancos de dados foi realizada por grupos de descritores inseridos na plataforma Medical Subject Headings (MeSH) e por palavras-chave selecionadas por consenso em fontes científicas publicadas. Dependendo do banco de dados, esses termos foram inseridos em inglês e/ou português. Os grupos de descritores e palavras-chave foram: 1) resultado (parâmetros ósseos); 2) instrumento (DXA); 3) população (atletas universitários). A definição dos termos e testes nas bases de dados foi realizada por dois pesquisadores independentes (MSM e PCM). Mais detalhes são descritos na tabela suplementar 1.²⁰

Disponibilidade de dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi disponibilizado no repositório Scielo Dataverse e pode ser acessado em <https://doi.org/10.48331/scielodata.R9NN4H>.²⁰

Critérios de elegibilidade

Foram selecionados os seguintes critérios de inclusão: a) artigos originais (todos os tipos); b) artigos que compararam parâmetros ósseos (CMO e DMO), como desfechos primários ou secundários, pelo menos entre duas modalidades; c) estudos que usaram DXA para mensurar DMO e CMO em qualquer região do corpo; d) amostras com atletas universitários; e) todos os estudos publicados até janeiro de 2021.

Os critérios de exclusão foram: a) artigos de revisão (todos os tipos), teses, dissertações, resumos publicados em anais de congressos científicos, artigos de opinião; b) estudos com atletas fora da faixa etária estabelecida; c) estudos com atletas de elite, amadores, profissionais e lazer; d) estudos que usaram outras técnicas que não DXA para estimar DMO e CMO; e) artigos que compararam atletas e não atletas; e) artigos não disponíveis e que não obtiveram resposta dos autores via e-mail e portal de pesquisa, após duas tentativas.

Seleção de estudos

Dois revisores independentes (MSM e PCM) examinaram cada banco de dados em busca de possíveis artigos. Depois da coleta de extração dos artigos dos bancos de dados, os critérios de exclusão foram aplicados para artigos duplicados, leitura dos títulos e resumos e leitura dos artigos selecionados na íntegra. As referências de cada estudo selecionado também foram lidas para identificar outros artigos adicionais. As discordâncias entre os revisores foram resolvidas por consenso. A opinião de um terceiro revisor (DASS) foi consultada no caso de discordâncias não resolvidas.

O gerenciador bibliográfico Zotero® versão 5.0 (Roy Rosenzweig Center for History and New Media, Fairfax, Virginia, EUA) foi utilizado para criar bibliotecas específicas, identificação e exclusão de estudos duplicados, divisão e organização dos resultados de cada banco de dados.

Extração de dados

Os dados coletados foram inseridos em tabelas e figuras agrupadas em duas categorias: (a) características descritivas dos estudos, tais como, autor, local de estudo, sexo, esportes, tipo de estudo, modelo DXA (fabricante, estado, país), *software* usado e parâmetros ósseos investigados (DMO ou CMO); (b) comparação dos parâmetros ósseos entre esportes por região corporal e covariáveis que interferem na relação osso-esporte. As covariáveis foram resumidas de duas maneiras: 1) todas elas foram testadas nos artigos e 2) foram usadas no final do modelo estatístico. A tabela suplementar 2²⁰ contém informações adicionais sobre os artigos (seleção dos participantes, grupo de comparação, varredura e regiões

corporais, erro de precisão e protocolo de precisão). A extração de dados foi realizada por dois pesquisadores independentes (MSM e PCM).

Risco de viés

A avaliação do risco de viés dos estudos incluídos foi realizada por dois pesquisadores independentes (MSM e PCM). Em caso de discordância, foi solicitada a opinião de um terceiro pesquisador independente (DASS). A ferramenta de avaliação da qualidade para estudos observacionais de coorte e transversais proposta pelo National Heart, Lung and Blood Institute dos NIH²¹ foi usada para avaliar o risco de viés.

Para cada critério avaliado atribuiu-se “sim”, “não”, “não pode ser determinado”, “não aplicável” ou “não relatado”. Com base no número de respostas positivas, o escore final foi calculado dividindo-se o número de respostas “sim” pelos critérios totais da ferramenta. Nesse cálculo, o critério com respostas “não pode ser determinado” ou “não relatado” foi contado negativamente e o critério “não aplicável” foi excluído do cálculo para determinar o risco final de pontuação de viés dos estudos. O estudo foi classificado como de baixo risco de viés (escore final $\geq 0,70$), risco moderado de viés (escore final $< 0,70$) ou alto risco de viés (escore final $< 0,50$).²²

RESULTADOS

Um total de 2.776 registros, excluindo duplicatas, foi identificado nesta revisão sistemática. Após a leitura dos títulos e resumos, 123 artigos (4,43%) foram avaliados por leitura na íntegra. Desse total, 105 artigos foram excluídos por não satisfazerem os critérios de elegibilidade, totalizando 18 artigos (0,65%). Um artigo foi adicionado depois da leitura das referências, o que resultou em 19 artigos (dez transversais, sete longitudinais e dois mistos) incluídos na revisão (Figura 1 e Tabela 1).

Local do estudo e sexo dos participantes

Dos 19 artigos incluídos na revisão, 18 foram realizados nos Estados Unidos (EUA) e um no Japão. Com relação ao sexo, 14 artigos se propuseram a estudar a DMO e/ou o CMO apenas em atletas do sexo feminino, um estudo só em atletas do sexo masculino e quatro estudos em atletas de ambos os sexos (Tabela 1).

Esportes e grupo comparador

Treze esportes foram identificados nos artigos incluídos na revisão, sendo oito modalidades individuais (natação, ginástica, tênis de quadra, atletismo, judô, remo, lutas e golfe) e seis esportes coletivos (voleibol, basquetebol, softbol, hóquei de campo, futebol e futebol americano). Um artigo categorizou os esportes em esportes de massa muscular magra e não magra (Tabela 1).

Com 11 artigos, o atletismo (sem distinguir o tipo de competição) foi o esporte mais investigado. Em sequência, os esportes mais investigados foram natação ($n = 10$ artigos) e basquete ($n = 8$ artigos). O grupo comparador de todos os estudos foi o esporte investigado (Tabela 1). A Tabela 2²⁰ suplementar apresenta os detalhes do grupo comparador e a seleção de participantes.

Modelo de DXA e parâmetro ósseos

A maioria dos estudos relatou o uso de modelos Hologic® de DXA (Wisconsin, EUA) (nove artigos) e Lunar® (Massachusetts, EUA) (nove artigos). Um artigo relatou o uso do modelo Norland® (Wisconsin, EUA) (Tabela 1). Com relação aos parâmetros ósseos, 15 artigos avaliaram apenas DMO, um artigo avaliou apenas CMO e três artigos avaliaram DMO e CMO juntos (Tabela 1).

Regiões corporais analisadas

Com 15 artigos, o corpo total foi a região corporal mais investigada. Além disso, a coluna lombar anteroposterior foi relatada em 10 artigos

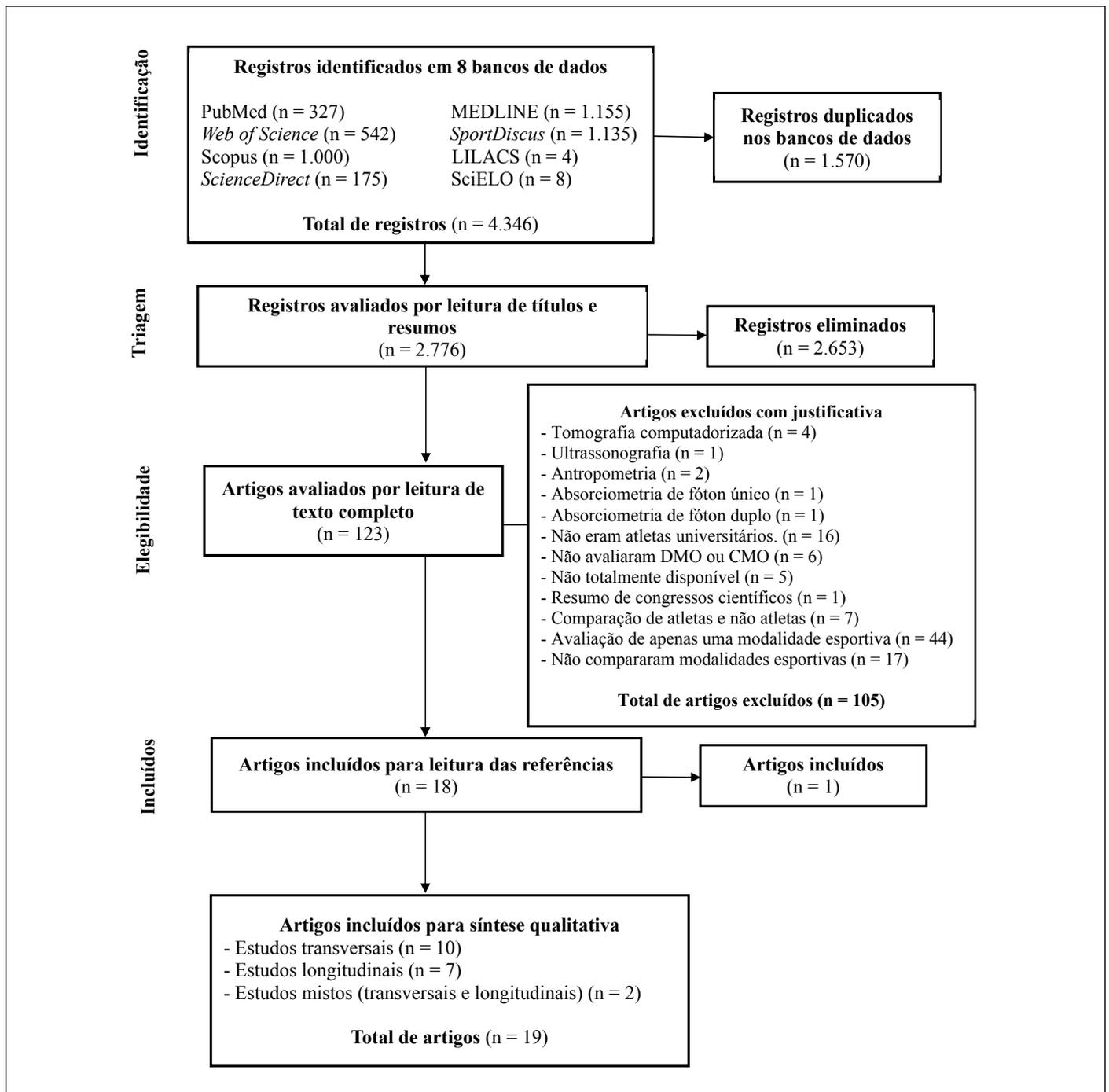


Figura 1. Fluxograma PRISMA de registros que investigaram DMO e CMO em atletas universitários.

(seis artigos de L2 a L4 e quatro de L1 a L4). O destaque nos membros superiores foram os braços, com seis artigos e nos membros inferiores, foram o colo do fêmur com nove artigos e as pernas, com oito artigos. Na região do tronco, a pelve foi o destaque, com seis artigos (Figura 2).

Erro de precisão e protocolo usado

Doze artigos expressaram erros de precisão em % CV, um artigo expressou em g/cm² (relatado pelo fabricante) e seis não relataram o erro de precisão (Figura 3). Com relação ao protocolo de precisão, apenas 10 artigos relataram o protocolo utilizado (Tabela 2 suplementar).²⁰

Covariáveis testadas

As principais covariáveis testadas nos artigos foram massa corporal total (oito artigos), massa magra (cinco artigos) e estatura (quatro artigos). As outras covariáveis testadas estão resumidas na Tabela Suplementar 3.²⁰ As covariáveis incluídas nos modelos ajustados são descritas na Tabela 2.

Comparação entre os esportes

A comparação entre os esportes foi feita por região corporal. Assim, dos 19 artigos incluídos nesta revisão, 15 compararam esportes no corpo total (DMO e CMO), nove artigos nos membros superiores, 15 artigos nos membros inferiores (somente DMO) e 15 artigos na região do tronco (só DMO) (Tabela 2).

Corpo total

Com relação à DMO, o resultado mais encontrado foi que atletas de todas as modalidades (ginástica, voleibol, judô, softbol, atletismo, hóquei de campo e basquete) apresentaram maior DMO do corpo total em comparação com a natação.^{23,27,33,34} Os ginastas^{28,31,33} tiveram DMO no corpo total superior à dos corredores de longa distância. No futebol americano, os valores foram mais altos do que no futebol e no hóquei de campo.⁴⁰ No golfe, a DMO foi inferior à de outros esportes⁴⁰ (Tabela 2).

Tabela 1. Características descritivas dos estudos de revisão sistemática.

Autores	Local	Sexo	Esportes	Tipo de estudo	Modelo DXA	Software	Parâmetros ósseos
Fehling et al. ²³	Estados Unidos	F	Voleibol (n = 8) Natação (n = 7) Ginástica (n = 13)	Transversal	<i>Hologic</i> QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)	Versão 5.3 (corpo inteiro) Versão 4.26 (lombal e fêmur)	DMO
Lee et al. ²⁴	Estados Unidos	F	Voleibol (n = 11) Basquetebol (n = 7) Futebol de campo (n = 9) Natação (n = 7)	Longitudinal	<i>Lunar DPX</i> (Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	Versão Beta 3.0H	DMO
Nichols et al. ²⁵	Estados Unidos	F	Voleibol (n = 13) Basquetebol (n = 14) Ginástica (n = 13) Tênis (n = 6)	Transversal	<i>Lunar DPX</i> (Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	Versão 3.4	DMO
Taaffe et al. ²⁶	Estados Unidos	F	Ginástica (n = 13) Natação (n = 26)	Transversal	<i>Hologic</i> QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)	Versão 5.47	DMO
Matsumoto et al. ²⁷	Japão	M/F	Atletismo (corredores de longa distância) (n = 38; M=24, F=14) Judô (n = 37; M=14, F=23) Natação (n = 28; M=21, F=7)	Transversal	<i>Norle</i> XR26 (Fortatkinson, Wisconsin, Estados Unidos)	Não reportado	DMO
Taaffe et al. ²⁸	Estados Unidos	F	Coorte 1 - Ginástica (n = 26) - Atletismo (corredores- 800 m) (n = 36) Coorte 2 - Ginástica (n = 8) - Natação (n = 11)	Longitudinal	<i>Hologic</i> QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)	Não reportado	DMO
Emsleer et al. ²⁹	Estados Unidos	F	Atletismo (corredores de longa distância) (n = 21) Natação (n = 22)	Transversal	<i>Hologic</i> QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)	Não reportado	DMO
Rourke et al. ³⁰	Estados Unidos	F	Atletismo (corredores de longa distância) (n=16) Natação(n = 14)	Longitudinal	<i>Hologic</i> QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)	Não reportado	DMO
Bemben et al. ³¹	Estados Unidos	F	Atletismo (corredores de longa distância) (n=15) Ginástica (n = 11)	Longitudinal	<i>Lunar</i> DPX-IQ (Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	Versão 4.1	DMO
Beals e Hill ³²	Estados Unidos	F	Esportes Lean-build (n = 65) - saltos ornamentais, atletismo (corredores de longa distância), natação, Atletismo (velocistas) Esportes Non-lean build (n = 47) - (hóquei de grama, softbol, tênis e atletismo (modalidades de campo)	Transversal	<i>Lunar</i> DPX (Lunar-GE Corp., Madison, Wisconsin, United States)	Não reportado	DMO
Mudd et al. ³³	Estados Unidos	F	Ginástica (n = 8) Softbol (n = 14) Atletismo (corredores de longa distância > 800 metros) (n=25) Atletismo (velocistas < 800 metros) (n = 8) Field Hockey (n = 10) Futebol de campo (n = 10) Rowing (n = 15) Natação/saltos ornamentais (n = 9)	Transversal	<i>Hologic</i> QDR-1000W (Bedford, Massachusetts, Estados Unidos)	Versão 6.0	DMO
Carbuhn et al. ³⁴	Estados Unidos	F	Softbol (n = 17) Basquetebol (n = 10) Voleibol (n = 10) Natação (n = 16) Atletismo (saltadores e velocistas) (n = 17)	Longitudinal	<i>Lunar Prodigy Advance</i> (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	Não reportado	DMO e CMO
Ackerman et al. ³⁵	Estados Unidos	M	Atletismo (corredores de longa distância) (n=13) <i>Wrestlers</i> (n = 6) Golfe (n = 7)	Transversal	<i>Hologic</i> QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)	Não reportado	DMO
Hirsch et al. ³⁶	Estados Unidos	M/F	Velocistas (com e sem barreira) (n = 17) Corredores de meia distância (com e sem barreira) (n = 9) Multis (heptatlo e decatlo)(n = 9) Saltadores (em distância e em altura) (n = 7) Salto com vara e lançamento de dardo (n = 9) Lançamento de martelo (n = 9)	Transversal e longitudinal	<i>Hologic Discovery W</i> (Bedford, Massachusetts, Estados Unidos)	<i>APEX Biologix</i> Versão 3.3	CMO
Stanforth et al. ³⁷	Estados Unidos	F	Basquetebol (n = 38) Futebol de campo (n = 47) Natação (n = 52) Atletismo (velocistas e corredores (n = 49) Voleibol (n = 26)	Transversal e longitudinal	<i>Lunar Prodigy Pro</i> (GE-Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	<i>enCORE</i> Versão 11.0	DMO e CMO
Nepocatyeh et al. ³⁸	Estados Unidos	F	Basquetebol (n = 10) Softbol (n = 10)	Longitudinal	<i>Lunar Prodigy Pro</i> (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	Não reportado	DMO
Scerpella et al. ³⁹	Estados Unidos	M/F	Basquetebol (n = 22) Hóquei de grama (n = 45) Futebol de campo (n = 18)	Longitudinal	<i>Lunar Prodigy Pro</i> (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	Versão 13.2-14.1	DMO
Sanfilippo et al. ⁴⁰	Estados Unidos	M/F	Futebol americano (n = 117) <i>Wrestling</i> (n = 31) Futebol de campo (n = 56) Hóquei de grama (n = 48) Basquetebol (n = 30) Golf (n = 19) Softbol (n = 20) Voleibol (n = 16)	Transversal	<i>Lunar Prodigy Pro</i> (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	Versão 14.1	DMO e CMO
Fields et al. ⁴¹	Estados Unidos	F	Basquetebol (n = 12) Atletismo (n = 12) Voleibol (n = 12)	Transversal	<i>Hologic</i> QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)		DMO

F - feminino; M - masculino; n - número da amostra; CMO - conteúdo mineral ósseo; DMO - densidade mineral óssea.

Tabela 2. Síntese da comparação da DMO e CMO entre esportes por região corporal e covariáveis utilizadas no modelo final.

		Resultados	
Autores	DMO	CMO	Covariáveis
Corpo inteiro			
fehling et al. ²³	Voleibol e Ginástica > Natação	NA	Massa corporal e estatura
Lee et al. ²⁴	Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal e estatura
Nichols et al. ²⁵	Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal
Taaffe et al. ²⁶	Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Taaffe et al. ²⁸	Coorte 1: Ginástica > Corredores de longa distância Coorte 2: Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Matsumoto et al. ²⁷	Judô > Corredores de longa distância e Natação	NA	Nenhum
Emsleer et al. ²⁹	Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Bemben et al. ³¹	Ginástica > Corredores de longa distância	NA	Estatura
Mudd et al. ³³	Ginástica > Corredores de longa distância Ginástica, Softbol, Atletismo (velocistas) e Hóquei de grama > Natação/Saltos ornamentais	NA	Massa corporal e Estado menstrual
Carbuhn et al. ³⁴	Basquetebol, Softbol, Voleibol e Atletismo (saltadores e velocistas) > Natação	Basquetebol, Softbol, Voleibol e Atletismo (saltadores e velocistas) > Natação	Nenhum
Hirsch et al. ³⁶	NA	Velocistas (com e sem barreira), Saltadores em distância e em altura, Saltos com vara e lançamento de dardo > Lançamento de martelo Velocistas (com e sem barreira), Saltos com vara e lançamento de dardo > Heptatlo/Decatlo	Nenhum
Stanforth et al. ³⁷	Não existe diferença entre os esportes	Basquetebol > Natação, Futebol de campo, Voleibol e Atletismo	Massa corporal e raça
Nepocatych et al. ³⁸	Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Sanfilippo et al. ⁴⁰	Futebol americano > Futebol de campo e Hóquei de grama Futebol americano, <i>Wrestling</i> , Futebol de campo, Hóquei de grama, Basquetebol, Softbol, Voleibol, Basquetebol, Atletismo e Voleibol > Golfe	Não existe diferença entre os esportes	Nenhum
Fields et al. ⁴¹	Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Membros superiores			
Fehling et al. ²³	<i>Braços</i> : Ginástica > Voleibol e Natação	NA	Massa corporal e estatura
Lee et al. ²⁴	<i>Braços</i> : Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal e estatura
Nichols et al. ²⁵	<i>Braços</i> : Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal
Taaffe et al. ²⁶	<i>Braços</i> : Ginástica > Natação:	NA	Nenhum
Rourke et al. ³⁰	<i>Antebraço</i> (radial): Natação > Corredores	NA	Massa corporal
Carbuhn et al. ³⁴	<i>Braços</i> : Basquetebol, Softbol, Voleibol e Atletismo (saltadores e velocistas) > Natação	NA	Nenhum
Ackerman et al. ³⁵	<i>Antebraço</i> (radial): <i>Wrestlers</i> > Corredores e Golfe	NA	Nenhum
Stanforth et al. ³⁷	<i>Braços</i> : Basquetebol > Natação, Futebol de campo, Voleibol e Atletismo	NA	Massa corporal e raça
Membros inferiores			
Fehling et al. ²³	<i>Pernas</i> : Voleibol e Ginástica > Natação <i>Pelves</i> : Voleibol e Ginástica > Natação	NA	Massa corporal e estatura
Lee et al. ²⁴	<i>Pernas</i> : Não existe diferença entre os esportes <i>Pescoço Femoral</i> : Não existe diferença entre os esportes <i>Trocânter do fêmur</i> : Não existe diferença entre os esportes <i>Wards do fêmur</i> : Basquetebol > Voleibol, Futebol de campo e Natação <i>Pelves</i> : Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal e estatura
Nichols et al. ²⁵	<i>Pernas</i> : Não existe diferença entre os esportes <i>Pescoço Femoral</i> : Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal
Taaffe et al. ²⁶	<i>Pernas</i> : Ginástica > Natação <i>Pescoço Femoral</i> : Ginástica > Natação <i>Trocânter do fêmur</i> : Ginástica > Natação	NA	Nenhum
Taaffe et al. ²⁸	<i>Pescoço Femoral</i> : Cohort 1: Ginástica > Corredores Cohort 2: Ginástica > Natação		Nenhum
Emsleer et al. ²⁹	<i>Total proximal femur</i> : Não existe diferença entre os esportes		Nenhum
Rourke et al. ³⁰	<i>Total proximal femur</i> : Não existe diferença entre os esportes <i>Pescoço Femoral</i> : Não existe diferença entre os esportes <i>Trocânter do fêmur</i> : Não existe diferença entre os esportes <i>Wards do fêmur</i> : Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal
Bemben et al. ³¹	<i>Pescoço Femoral</i> : Ginástica > Corredores <i>Total proximal femur</i> : Ginástica > Corredores <i>Trocânter do fêmur</i> : Ginástica > Corredores <i>Wards do fêmur</i> : Ginástica > Corredores	NA	Estatura
Mudd et al. ³³	<i>Pelves</i> : Ginástica, Softbol e Hóquei de grama > Natação/Saltos ornamentais Ginástica, Softbol, Hóquei de grama e Futebol de campo > Corredores	NA	Massa corporal e Estado menstrual*
Carbuhn et al. ³⁴	<i>Pernas</i> : Basquetebol, Softbol, Voleibol e Atletismo (jumps e velocistas) > Natação <i>Pelves</i> : Basquetebol, Softbol, Voleibol e Track e field > Natação	NA	Nenhum

Ackerman et al. ³⁵	Total proximal femur: Wrestlers > Corredores e Golf Pescoço Femoral: Wrestlers > Corredores e Golf	NA	Nenhum
Stanforth et al. ³⁷	Pernas: Basquetebol > Natação, Futebol de campo, Voleibol e Atletismo Pelves: Basquetebol > Natação, Futebol de campo, Voleibol e Atletismo	NA	Massa corporal e raça
Nepocatyč et al. ³⁸	Fêmur proximal total: Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Scerpella et al. ³⁹	Pernas: Futebol de campo > Basquetebol e Hóquei de grama	NA	Idade, gênero, raça e esporte praticado
Fields et al. ⁴¹	Quadril: Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Tronco			
Fehling et al. ²³	Tronco: Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal e estatura
Lee et al. ²⁴	Coluna lombar (L2-L4): Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal e estatura
Nichols et al. ²⁵	Coluna lombar (L2-L4): Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal
Taaffe et al. ²⁶	Coluna lombar (L2-L4): Não existe diferença entre os esportes Coluna**: Ginástica > Natação Coluna torácica**: Não existe diferença entre os esportes Costelas: Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Taaffe et al. ²⁸	Coluna lombar (L2-L4): Cohort 1: Ginástica > Corredores Cohort 2: Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Emsleer et al. ²⁹	Coluna lombar (L2-L4): Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Rourke et al. ³⁰	Coluna lombar (L1-L4): Não existe diferença entre os esportes	NA	Massa corporal
Bemben et al. ³¹	Coluna lombar (L2-L4): Ginástica > Corredores	NA	Estatura
Beals e Hill ³²	Coluna lombar (L1-L4): Hóquei de grama, Softbol, Tênis, Atletismo (field events) > Saltos ornamentais, Cross-country, Natação, Atletismo (sprinting events)	NA	Lean mass
Mudd et al.2007 ³³	Coluna lombar**: Ginástica > Natação/Saltos ornamentais Ginástica e Softbol > Corredores	NA	Estado menstrual* e Massa corporal
Carbuhn et al. ³⁴	Coluna**: Basquetebol, Softbol, Voleibol e Track e field > Natação	NA	Nenhum
Ackerman et al. ³⁵	Coluna**: Wrestlers > Corredores e Golf	NA	Nenhum
Stanforth et al. ³⁷	Coluna**: Não existe diferença entre os esportes Torso: Basquetebol > Natação, Futebol de campo, Voleibol e Atletismo	NA	Massa corporal e raça
Nepocatyč et al. ³⁸	Coluna lombar (L1-L4): Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum
Fields et al. ⁴¹	Coluna lombar**: Não existe diferença entre os esportes	NA	Nenhum

NA - não aplicável; >: maior que; L: vértebra lombar; * - amenorreia (0 a 3 ciclos por ano), oligomenorreia (4 a 9 ciclos por ano), eumenorreia (10 a 12 ciclos por ano); ** resultados obtidos por meio de varredura de corpo inteiro.

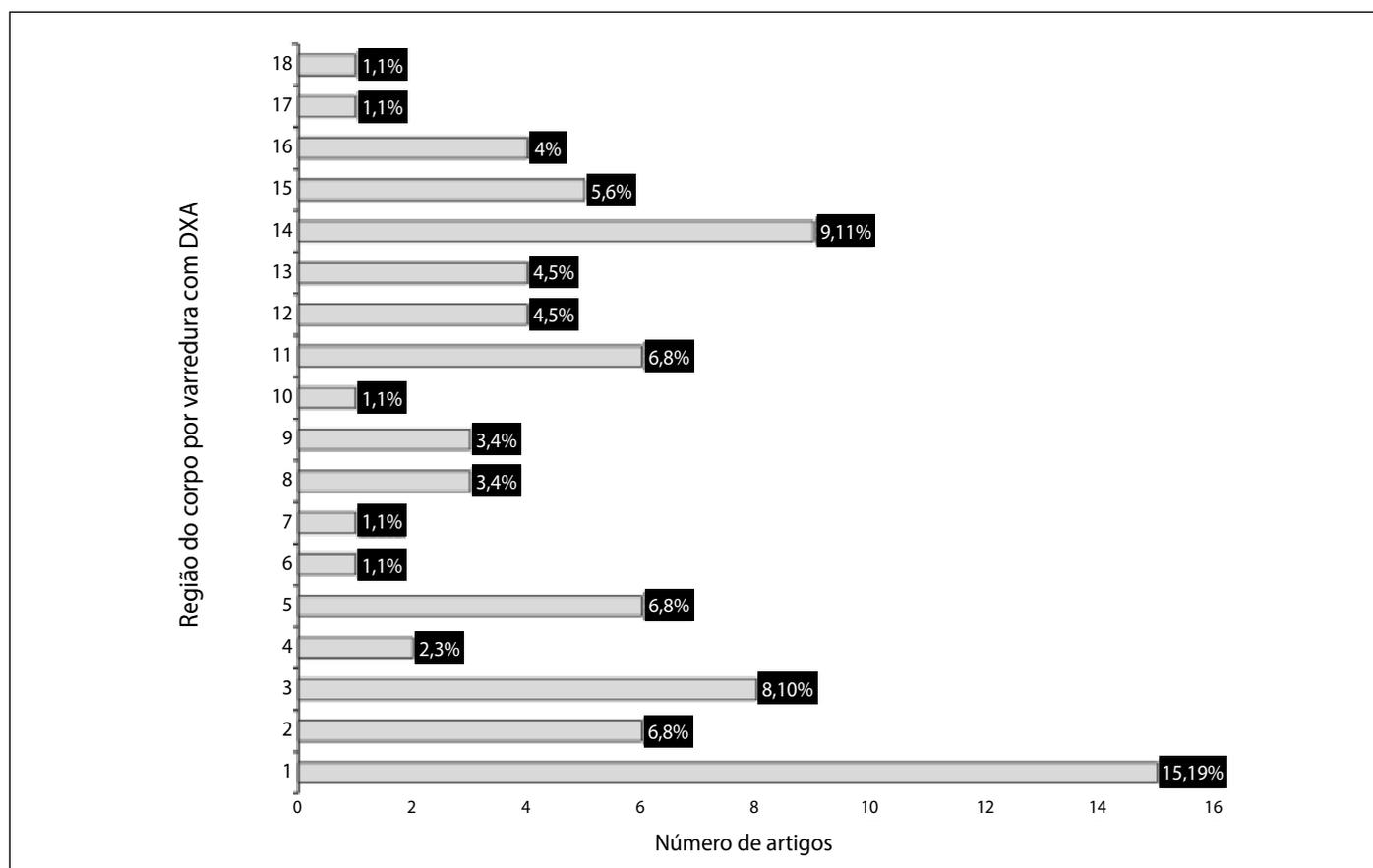


Figura 2. Regiões corporais analisadas por varredura estratificada com DXA.

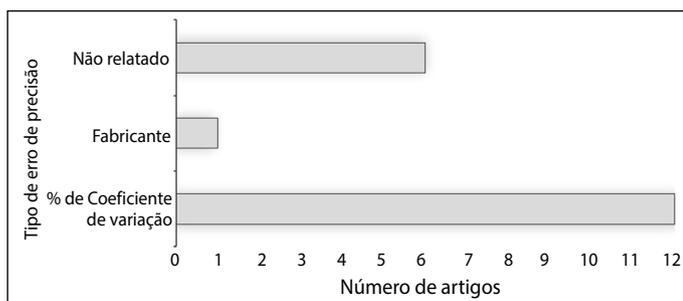


Figura 3. Tipo de erro de precisão.

Quanto ao CMO, o resultado mais encontrado foi que atletas de basquete, softbol, voleibol e atletismo (velocistas e saltadores) apresentaram valores superiores aos dos nadadores^{31,34} (Tabela 2).

Membros superiores

Nos membros superiores, apenas a DMO foi investigada. Nos braços, o resultado mais encontrado foi que atletas de ginástica, basquete, softbol, voleibol e atletismo (velocistas e saltadores) tiveram DMO maior que atletas de natação^{23,34,37,42} (Tabela 2).

Poucos estudos foram encontrados com esse propósito nos antebraços.^{30,35} Os nadadores apresentaram maiores valores de DMO do que corredores de longa distância³⁰ e a DMO foi maior em lutadores do que em corredores de longa distância e atletas de golfe³⁵ (Tabela 2).

Membros inferiores

Nos membros inferiores, apenas a DMO foi investigada. Os artigos incluídos nesta revisão compararam a DMO em sete regiões específicas dos membros inferiores (pernas, colo do fêmur, trocanter maior, triângulo de Ward, parte proximal total do fêmur, pelve e quadril) (Tabela 2).

Nas pernas, os destaques foram que a DMO de atletas que praticavam voleibol, ginástica, basquetebol, softbol e atletismo (velocistas e saltadores) foi maior quando em comparação com os atletas de natação^{23,26,34} (Tabela 2).

No colo do fêmur, o resultado mais encontrado foi que os ginastas^{28,31} tinham DMO superior a dos corredores de longa distância. Os ginastas tiveram DMO superior à dos nadadores^{26,28} (Tabela 2).

Poucos estudos foram encontrados com esse propósito para as regiões do trocanter maior,^{26,31} triângulo de Ward^{24,31} e parte proximal total do fêmur.^{31,35} O resultado mais frequente nesses poucos estudos foi que ginastas e atletas tiveram valores maiores de DMO nessas regiões corporais do que os atletas de outras modalidades (natação, corrida de longa distância) (Tabela 2).

Na região pélvica, atletas de voleibol, ginástica, softbol, hóquei de campo, basquete e atletismo apresentaram maior DMO do que atletas de natação.^{23,33,34} Os atletas de ginástica, softbol, hóquei de campo e futebol também tiveram DMO maior do que corredores de longa distância,³³ assim como os de basquete apresentaram maior DMO do que atletas de futebol, voleibol e atletismo³⁶ (Tabela 2).

Tronco

No tronco, apenas a DMO foi investigada. Os artigos incluídos nesta revisão compararam a DMO em cinco regiões específicas do tronco (torso, costelas, coluna lombar, coluna torácica e coluna total). Na região do torso, só um estudo constatou que atletas de basquete tinham valores maiores de DMO do que atletas de natação, futebol, voleibol e atletismo.³⁷ Na região lombar, o resultado mais frequente foi a DMO maior em ginastas, jogadores de softbol, hóquei de campo, tênis e atletas (eventos de corrida) que os nadadores;^{32,33} os ginastas tiveram valores maiores de DMO do que os corredores de longa distância.^{28,31,33} Na coluna total (por varredura de corpo inteiro), atletas de ginástica olímpica, basquete,

softbol, voleibol e atletismo tiveram DMO superior à dos atletas de natação.^{26,34} Não houve diferença entre os esportes ao comparar a DMO das costelas e da coluna torácica (Tabela 2).

Risco de viés

Ao considerar a classificação geral de todos os tipos de estudos incluídos (19 artigos), verificou-se que dois estudos longitudinais^{31,39} tinham baixo risco de viés, 16 estudos^{23,24,26,28-30,32-38,40,41} tinham risco moderado de viés (nove transversais, cinco longitudinais e dois estudos mistos) e um estudo transversal²⁷ tinha risco alto de viés (Tabela 4 suplementar).²⁰

DISCUSSÃO

Os principais resultados desta revisão foram: 1) DMO como o parâmetro ósseo mais investigado; 2) corpo total, coluna lombar anteroposterior (L1 a L4 ou L2 a L4) e parte proximal do fêmur (principalmente colo do fêmur) como as regiões corporais mais estudadas; 3) coeficiente de variação como principal indicador de erro de precisão; 4) massa corporal total e estatura como covariáveis mais utilizadas nos modelos estatísticos finais; 5) natação e corrida de longa distância apresentaram valores de DMO e CMO menores do que as demais modalidades investigadas, independentemente da região corporal analisada.

A DMO e o CMO foram os únicos parâmetros relatados nos estudos desta revisão. De fato, a DMO e o CMO são os parâmetros ósseos mais utilizados em atletas, uma vez que expressam peso e densidade de minerais ósseos.⁴³ Todavia, outros parâmetros ósseos relacionados com rigidez e resistência óssea (geometria óssea e força do quadril) também são avaliados por DEXA⁴⁴ e também podem explicar as diferenças osteogênicas entre os tipos de esportes.^{45,46} A investigação de outros parâmetros ósseos em atletas pode trazer novas perspectivas sobre a qualidade óssea desse grupo.

Esta revisão revelou que as regiões corporais mais investigadas em atletas universitários foram DMO e CMO de corpo total e DMO de coluna lombar anteroposterior e parte proximal do fêmur. A ISCD recomenda que os exames dessas três regiões do corpo sejam realizados. No exame de corpo inteiro, os resultados do corpo total e sub-regiões como braços, pernas e tronco podem ser usados para comparar o impacto do esporte. Ademais, a coluna lombar anteroposterior e o parte proximal do fêmur total são regiões mais sensíveis aos efeitos da prática regular de esportes, pois as vértebras e a região do colo do fêmur apresentam maiores concentrações de osso trabecular, que é responsável por proporcionar modificações por meio de alterações metabólicas no processo de osteogênese.⁴⁷ Também é necessário investigar a DMO e o CMO dessas regiões corporais em série, para quantificar os efeitos anuais de treinamento, não treinamento e amadurecimento físico da composição óssea de atletas.⁴⁷ Por esse motivo, os estudos com atletas universitários devem ir além das estimativas de DMO e/ou CMO de corpo total.

No tocante ao erro de precisão, os principais resultados foram que 12 artigos utilizaram % CV e seis artigos não relataram o erro de precisão. A ISCD recomenda que o valor do erro de precisão seja expresso como valor da raiz média quadrática com desvio padrão (RMS ± DP) na mesma unidade de medida da DMO (g/cm²).^{17,48} No entanto, às vezes, como no caso de artigos inseridos nesta revisão (cerca de 63%), o erro é expresso como CV ou % CV, mas isso é menos desejável devido à variação desses valores ao longo de uma faixa de medições de DMO, o que gera maior erro de precisão.^{15,17} Ademais, o número elevado de artigos (cerca de 32%) que não relataram erro de precisão é uma fragilidade identificada nos artigos incluídos nesta revisão, pois as conclusões identificadas nos estudos podem ser variações devido a erro do operador ou do instrumento.^{17,49,50} Portanto, é importante fazer medidas da DMO em série, de modo a calcular a LSC e garantir a precisão dos resultados.

Os artigos incluídos nesta revisão foram heterogêneos com respeito aos protocolos usados para calcular o erro de precisão, e nenhum estudo atendeu às recomendações padronizadas pela ISCD.^{16,51} Uma possível justificativa, é que a recomendação da ISCD foi publicada em 2013,^{16,48,51} no entanto, a maioria dos artigos (13 artigos) foi publicada até 2012. Ainda, dos seis artigos publicados desde 2013, identificou-se que cinco deles não relataram o protocolo usado, e um artigo não seguiu as recomendações. Portanto, ao estudar atletas, é importante seguir as recomendações da ISCD nos protocolos de precisão, a fim de tornar a comparação dos parâmetros ósseos entre os atletas mais precisa, confiável e livre de erros que podem ser controlados.^{16,51}

A massa corporal total e a estatura foram as covariáveis mais usadas nos modelos estatísticos finais. A massa corporal total está diretamente associada aos parâmetros de DMO e CMO.⁹ Porém, é necessário cautela, pois ao avaliar essa covariável isoladamente, não é possível identificar e quantificar a distribuição de outros elementos da composição corporal que podem interferir no processo de formação óssea, como massa gorda e massa magra.^{8,52,53} Nos atletas, o aumento da massa magra com relação à massa gorda proporciona maior carga mecânica, estimulando a formação óssea.^{8,9} A massa gorda corporal aumenta as concentrações de leptina sérica e regula o desenvolvimento de osteoclastos (células de remodelação e absorção óssea), contribuindo para a formação óssea.⁹ É importante ressaltar que a contribuição da massa corporal gorda é menos importante do que a da massa corporal magra, porque muitas vezes está associada a outros distúrbios metabólicos, como diabetes, doenças cardiovasculares e algumas neoplasias.^{8,9} Portanto, essas variáveis podem interferir na interpretação do impacto dos esportes universitários sobre os parâmetros ósseos.

Além dessas variáveis, a estatura influencia diretamente o CMO; os atletas mais altos podem erroneamente apresentar maior CMO em comparação com atletas mais baixos, de modo que deve ser corrigido pela estatura dos atletas.⁵⁴ Isso não pode ser aplicado à DMO, porque ela já tem os valores de massa óssea corrigidos pela área quadrática do atleta. Assim, considerando as limitações de massa corporal e estatura, futuras investigações precisam incluir em modelos estatísticos as covariáveis que exercem maior interferência nos parâmetros ósseos em atletas (por exemplo, massa gorda e magra, tempo de prática, volume de treinamento, estado menstrual e uso de suplementação e medicamentos).^{8,9} Além disso, a maioria dos estudos incluídos nesta revisão foi classificada como moderada e o item que os artigos mais precisam melhorar é o controle de possíveis variáveis de confusão.

Independentemente da região corporal analisada, a maioria dos estudos relatou que atletas de natação e corrida de longa distância têm valores menores de DMO e CMO em comparação com outros esportes. Estudos de revisão sistemática com metanálise também identificaram natação com valores menores de DMO para o corpo total, colo do fêmur e coluna lombar em comparação com os esportes de maior potencial osteogênico.³ Isso se deve à alta exposição dos nadadores à hipogravidade e à falta de impacto, características inerentes às sessões de treinamento.⁴ A consequência disso é que os nadadores têm um risco maior de fraturas durante a vida atlética e maiores chances de osteoporose na vida pós-atlética em comparação com os atletas de outros esportes.³ Portanto, é recomendado que nadadores incluam exercícios de levantamento de peso na rotina de treinamento.^{3,4}

Quanto aos corredores de longa distância, os menores valores de DMO e CMO em comparação com outros esportes podem ser explicados pela diferença da magnitude de carga, velocidade e frequência entre os esportes.^{11,45} A sessões de treinamento de esportes como ginástica, basquete e

voleibol incluem atividades com maior deformação óssea causada pelo efeito de cargas axiais sobre o osso e, em consequência, aumentam o potencial osteogênico desses esportes.¹¹ A corrida de longa distância caracteriza-se por um grande número de impactos consecutivos de magnitude baixa a moderada e, portanto, é menos osteogênica.¹³ Por esse motivo, os estudos classificaram o potencial osteogênico da corrida longa como superior apenas à natação.^{11,13} Porém, os atletas profissionais de corrida de longa distância têm maior risco de desenvolver osteoartrite de joelho e quadril.⁷

É preciso enfatizar que, embora os estudos não tenham identificado diferenças na DMO de nadadores^{3,4} e corredores⁷ em comparação com os controles sedentários, a remodelação óssea é maior em nadadores e corredores do que em não atletas, o que pode resultar em estrutura mais forte e, assim, em fortalecimento ósseo. Em outras palavras, praticar esportes é melhor para saúde do que não praticar.

Alguns destaques foram identificados na comparação de esportes com ênfase na mesma região corporal. Os atletas de basquete têm valores de DMO mais elevados em braços, pernas, triângulo de Ward e torso do que os jogadores de voleibol.^{24,37} Mesmo assim, a DMO dos braços foi maior em ginastas do que em atletas de voleibol.²³ Com base nesses resultados especula-se que, mesmo que semelhante, o efeito osteogênico do basquetebol nos membros superiores, membros inferiores e torso seja maior do que em atletas de voleibol. Especula-se ainda, o maior benefício ósseo nos membros superiores de ginastas em comparação com os do voleibol.

A heterogeneidade dos estudos é considerada uma limitação do estudo, porque pode dificultar as comparações e interpretações dos resultados relacionados com DMO e CMO entre os atletas. Porém, independentemente do tipo de estudo, os artigos desta revisão responderam aos objetivos propostos. A investigação do erro de precisão e do protocolo de avaliação com DXA em atletas universitários é outro ponto forte desta revisão sistemática. A comparação entre os esportes por região corporal é uma novidade do estudo. Além disso, a descrição das covariáveis usadas no modelo final, o registro no PROSPERO, o grande número de bases de dados incluídas e a análise do risco de viés são outros pontos fortes deste trabalho.

Em conclusão, a DMO foi o parâmetro ósseo mais investigado, sendo o corpo total, a coluna lombar e a parte proximal do fêmur total as regiões corporais mais investigadas entre os atletas universitários. Ainda que novas reflexões tenham sido fornecidas, % CV foi a medida de erro de precisão mais usada, e a massa corporal e a estatura foram as covariáveis mais citadas nos modelos estatísticos finais. Por fim, os corredores de longa distância e os nadadores tiveram DMO e CMO mais baixos do que os atletas de outros esportes. Especula-se que há maior potencial osteogênico no basquetebol e na ginástica em comparação com o voleibol.

Assim, treinadores, profissionais de medicina esportiva, nutricionistas e outros profissionais de saúde podem utilizar os resultados desta revisão como estratégias de intervenção para controlar o treinamento e as covariáveis que podem influenciar a relação entre saúde óssea e esporte, podendo prevenir doenças e problemas de saúde durante e depois da vida atlética. Esta revisão fornece também suporte teórico para o controle técnico da medição DXA em atletas.

Financiamento

Essa pesquisa foi financiada em partes pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Código de Financiamento 001.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERENCES

- Schtscherbyna A, Ribeiro BG, Fleiuss FML. *Bone Health, Bone Mineral Density, and Sports Performance. Nutrition and Enhanced Sports Performance*, Elsevier. 2019:73-81.
- Agostinete RR, Maillane-Vanegas S, Lynch KR, Turi-Lynch B, Coelho-E-Silva MJ, Campos EZ, et al. The Impact of Training Load on Bone Mineral Density of Adolescent Swimmers: A Structural Equation Modeling Approach. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;29(4):520-8.
- Gomez-Bruton A, Montero-Marin J, Gonzalez-Aguero A, Gómez-Cabello A, García-Campayo A, Moreno LA, et al. Swimming and peak bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci*. 2018;36(4):365-77.
- Gómez-Bruton A, González-Aguero A, Gómez-Cabello A, Casajús JA, Vicente-Rodríguez G. Is Bone Tissue Really Affected by Swimming? A Systematic Review. *PLoS ONE*. 2013;8(8):1-25.
- Vlachopoulos D, Barker AR, Ubago-Guisado E, Fatouros IG, Knapp KM, Williams CA, et al. Longitudinal Adaptations of Bone Mass, Geometry, and Metabolism in Adolescent Male Athletes: The PRO-BONE Study. *J Bone Miner Res*. 2017;32(11):2269-77.
- Zouch M, Chaari H, Zribi A, Bouajina E, Vico L, Alexandre C, et al. Volleyball and Basketball Enhanced Bone Mass in Prepubescent Boys. *J Clin Densitom*. 2016;19(3):396-403.
- Alentorn-Geli E, Samuelsson K, Musahl V, Green CL, Bhandari M, Karlsson J. The Association of Recreational and Competitive Running With Hip and Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2017;47(6):373-90.
- Goolsby MA, Boniquit N. Bone health in athletes: the role of exercise, nutrition, and hormones. *Sports Health*. 2017;9(2):108-17.
- Sarkis KS, de Medeiros Pinheiro M, Szejnfeld VL, Martini LA. High bone density and bone health. *Endocrinol Nutr*. 2012;59(3):207-14.
- American Bone Health. *Glossary – American Bone Health; 2018* [Accessed June 16, 2019]. Available in: <https://americanbonehealth.org/glossary/>
- Dolan SH, Williams DP, Ainsworth BE, Shaw JM. Development and reproducibility of the bone loading history questionnaire. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(6):1121-31.
- Nikander R, Sievänen H, Heinonen A, Kannus P. Femoral neck structure in adult female athletes subjected to different loading modalities. *J Bone Miner Res*. 2005;20(3):520-8.
- Nikander R, Kannus P, Rantalainen T, Uusi-Rasi K, Heinonen A, Sievänen H. Cross-sectional geometry of weight-bearing tibia in female athletes subjected to different exercise loadings. *Osteoporos Int*. 2010;21(10):1687-94.
- Williams CAP, Vlachopoulos D, Barker AR, Knapp KM, Metcalf BS, Fatouros IG, et al. The impact of sport participation on bone mass and geometry in adolescent males. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;49(2):317-26.
- Frimeth J, Galiano E, Webster D. Some physical and clinical factors influencing the measurement of precision error, least significant change, and bone mineral density in dual-energy X-ray absorptiometry. *J Clin Densitom*. 2010;13(1):29-35.
- Hind K, Slater G, Oldroyd B, Less M, Thurlow S, Barlow M, et al. Interpretation of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry-Derived Body Composition Change in Athletes: A Review and Recommendations for Best Practice. *J Clin Densitom*. 2018;21(3):429-43.
- ISCD. *ISCD Bone Densitometry Precision Calculating Tool*. ISCD The international Society For Clinical Densitometry; 2019 [Accessed November 7, 2019]. Available in: <https://www.iscd.org/resources/calculators/precision-calculator/>
- Platen P, Chae E, Antz R, Lehmann R, Kühlmorgen J, Alolio B. Bone mineral density in top level male athletes of different sports. *Eur J Sport Sci*. 2001;1(5):1-15.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group P. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg*. 2010;8(5):336-41.
- Moraes, Mikael. *COMPARISON OF BONE PARAMETERS BY BODY REGION IN UNIVERSITY ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW*. versão 27 ago. 2021. SciELO Data. <https://doi.org/10.48331/scielodata.R9NN4H>.
- National Heart, Lung, and Blood Institute. *Study Quality Assessment Tools | National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI)*, 2019 [Accessed June 16, 2019]. Available in: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>
- Kent S, Fusco F, Gray A, Jebb SA, Cairns BJ, Mihaylova B. Body mass index and healthcare costs: a systematic literature review of individual participant data studies. *Obes Rev*. 2017;18(8):869-79.
- Fehling PC, Alekel L, Clasey J, Rector A, Stillman RJ. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*. 1995;17(3):205-10.
- Lee EJ, Long KA, Risser WL, Poindexter HB, Gibbons WE, Goldzieher J. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(10):1354-61.
- Nichols DL, Sanborn CF, Bonnick SL, Gench B, DiMarco N. Relationship of regional body composition to bone mineral density in college females. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(2):178-82.
- Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA, Robinson TL, Brown MD, Marcus R. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *J Bone Miner Res*. 1995;10(4):586-93.
- Matsumoto T, Nakagawa S, Nishida S, Hirota R. Bone density and bone metabolic markers in active collegiate athletes: findings in long-distance runners, judoists, and swimmers. *Int J Sports Med*. 1997;28(06):408-12.
- Taaffe DR, Robinson TL, Snow CM, Marcus R. High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *J Bone Miner Res*. 1997;12(2):255-60.
- Emslander HC, Sinaki M, Muhs JM, Chao EY, Wahner HW, Bryant SC, et al. Bone mass and muscle strength in female college athletes (runners and swimmers). *Mayo Clin Proc*. 1998;73(12):1151-60.
- Rourke KM, Bowering J, Turkki P, Buckenmeyer PJ, Thomas FD, Keller BA, et al. Bone mineral density in weight-bearing and nonweight-bearing female athletes. *Pediatr Exerc Sci*. 1998;10(1):28-37.
- Bemben DA, Buchanan TD, Bemben MG, Knehan AW. Influence of Type of Mechanical Loading, Menstrual Status, and Training Season on Bone Density in Young Athletes. *J Strength Cond Res*. 2004;18(2):220-6.
- Beals KA, Hill AK. The prevalence of disordered eating, menstrual dysfunction, and low bone mineral density among US collegiate athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006;16(1):1-23.
- Mudd LM, Fornetti W, Pivarnik JM. Bone mineral density in collegiate female athletes: Comparisons among sports. *J Athl Train*. 2007;42(3):403-8.
- Carbuhn AF, Fernandez TE, Bragg AF, Green JS, Crouse SF. Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes. *J Strength Cond Res*. 2010;24(7):1710-7.
- Ackerman KE, Skrinar GS, Medvedova E, Misra M, Miller KK. Estradiol levels predict bone mineral density in male collegiate athletes: A pilot study. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2012;76(3):339-45.
- Hirsch KR, Smith-Ryan AE, Trexler ET, Roelofs EJ. Body composition and muscle characteristics of division I track and field athletes. *J Strength Cond Res*. 2016;30(5):1231-8.
- Stanforth D, Lu T, Stults-Kolehmainen MA, Crim BN, Stanforth PR. Bone mineral content and density among female NCAA division I athletes across the competitive season and over a multi-year time frame. *J Strength Cond Res*. 2016;30(10):2828-38.
- Nepocatyč S, Balilionis G, O'Neal EK. Analysis of dietary intake and body composition of female athletes over a competitive season. *Monten J Sports Sci Med*. 2017;6(2):57-65.
- Scerpella JJ, Buehring B, Hetzel SJ, Heiderscheid BC. Increased leg bone mineral density and content during the initial years of college sport. *J Strength Cond Res*. 2018;32(4):1123-30.
- Sanfilippo J, Krueger D, Heiderscheid B, Binkley N. Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition in NCAA Division I Athletes: Exploration of Mass Distribution. *Sports Health*. 2019;11(5):453-60.
- Fields JB, Gallo S, Worswick JM, Busted DR, Jones MT. 25-Hydroxyvitamin D, vitamin D binding protein, bioavailable 25-Hydroxyvitamin D, and body composition in a diverse sample of women collegiate Indoor Athletes. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2020;5(32).
- Taaffe DR, Marcus R. Regional and total body bone mineral density in elite collegiate male swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999;39(2):154-9.
- Bazzocchi A, Ponti F, Albinanni U, Battista G, Guglielmi G. DXA: Technical aspects and application. *Eur J Radiol*. 2016;8(85):1481-92.
- Zymbal V, Baptista F, Fernandes P, Janz KF. Determining Skeletal Geometry. In: *Biomarkers in Bone Disease*; 2017. p. 621-45.
- Beck TJ. Extending DXA beyond bone mineral density: understanding hip structure analysis. *Curr Osteoporos Rep*. 2007;5(2):49-55.
- Yoshikawa T, Turner CH, Peacock M, Slemenda CW, Weaver CM, Teegarden D et al. Geometric structure of the femoral neck measured using dual-energy X-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res*. 1994;9(7):1053-64.
- Clarke B. Normal bone anatomy and physiology. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2008;3(Supplement 3):S131-9.
- Shepherd JA, Schousboe JT, Broy SB, Engelke K, Leslie WD. Executive Summary of the 2015 ISCD Position Development Conference on Advanced Measures From DXA and QCT: Fracture Prediction Beyond BMD. *J Clin Densitom*. 2015;3(18):274-86.
- Nana A, Slater GJ, Hopkins WG, Burke LM. Techniques for undertaking dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans to estimate body composition in tall and/or broad subjects. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012;22(5):313-22.
- Nana A, Slater GJ, Stewart AD, Burke LM. Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2015;25(2):198-215.
- Zemski AJ, Hind K, Keating SE, Broad EM, Marsh DJ, Slater GJ. Same-Day Vs Consecutive-Day Precision Error of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry for Interpreting Body Composition Change in Resistance-Trained Athletes. *J Clin Densitom*. 2019;22(1):104-14.
- Kosar SN. Associations of lean and fat mass measures with whole body bone mineral content and bone mineral density in female adolescent weightlifters and swimmers. *Turk J Pediatr*. 2016;58(1):79.
- Singhal V, Maffioli GD, Sokoloff NC, Ackerman KE, Lee H, Gupta N, et al. Regional fat depots and their relationship to bone density and microarchitecture in young oligo-amenorrheic athletes. *Bone*. 2015;77:83-90.
- Nevill AM, Holder RL, Maffulli N, Cheng JCY, Leung SSF, Lee WTK, et al. Adjusting bone mass for differences in projected bone area and other confounding variables: an allometric perspective. *J Bone Miner Res*. 2002;17(4):703-8.