

GEOMETRIA ÓSSEA E ATIVIDADE FÍSICA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES: REVISÃO SISTEMÁTICA

Bone geometry and physical activity in children and adolescents: systematic review

Tathiane Krahenbühl^{a,*}, Roseane de Fátima Guimarães^b,
Antonio de Azevedo Barros Filho^b, Ezequiel Moreira Gonçalves^b

RESUMO

Objetivo: Verificar a influência da prática de atividade física e/ou esportes na geometria óssea de crianças e adolescentes saudáveis.

Fonte de dados: Foi realizada uma revisão sistemática, utilizando como referência o método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Foram utilizadas as bases de buscas PubMed, Biblioteca Regional de Medicina/Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (BIREME/LILACS) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), para levantamento de artigos publicados de 2006 a 2016, e os seguintes descritores: "Bone geometry" AND (Sport* OR Exercise* OR "Physical Activity").

Síntese dos dados: Após a seleção, foram incluídos 21 artigos. A maioria dos estudos demonstrou que a prática de atividade física e/ou esportes foi benéfica do ponto de vista da geometria e densidade mineral óssea; apenas dois estudos apresentaram valores dos parâmetros ósseos dos indivíduos controles melhores do que os praticantes de natação. As atividades físicas e esportes encontrados foram: ginástica artística (n=7), ginástica rítmica (n=2), tênis (n=1), futebol (n=3), capoeira (n=1), natação (n=4), ciclismo (n=1), atividades com saltos (n=2), estudos relacionando atividade física com pico de torque isocinético (n=1), atividade física em geral, tempo presente ou passado, mensurado por questionário (n=4) e aulas adicionais de educação física (n=2).

Conclusões: Dentre os esportes e atividades físicas encontradas, a ginástica, o futebol e a prática de atividade física mais intensa avaliada por questionário resultaram em geometria óssea melhor em comparação à não prática de atividade física, enquanto que a natação e exercícios de saltos não influenciaram a geometria óssea. Portanto, atividades esportivas com sobrecarga corporal, avaliadas como mais intensas e mais frequentes, exercem efeito benéfico sobre a geometria óssea.

Palavras-chave: Exercício; Esportes; Densidade óssea; Adolescentes; Atletas.

ABSTRACT

Objective: To perform a systematic review on the practice of physical activity and/or sports in health and its influence on bone geometry of healthy children and adolescents.

Data source: The method used as reference was the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Databases searched for articles published from 2006 to 2016, with "Bone geometry" AND (Sport* OR Exercise* OR "Physical Activity") as descriptors, were PubMed, BIREME/LILACS and SciELO.

Data syntheses: After the selection, 21 articles were included. Most studies stated that practice of physical activity and/or sports was beneficial for bone geometry and bone mineral density. Only two studies presented values of bone parameters for control individuals better than those of swimmers. Physical activities and sports studied were: gymnastics (n=7), rhythmic gymnastics (n=2), tennis (n=1), soccer (n=3), *capoeira* (n=1), swimming (n=4), cycling (n=0), jumping activities (n=2), studies relating physical activity with isokinetic peak torque (n=1), physical activity measured by questionnaire (n=4), and additional physical education classes (n=2).

Conclusions: Among the sports and physical activities found, gymnastics, soccer, and more intense physical activity assessed by questionnaires were mentioned along with better results in bone geometry compared to the absence of physical activity, whereas swimming and jumping exercises did not influence it. Therefore, sports activities with weight bearing and those practiced more frequently and intensively are beneficial for bone geometry.

Keywords: Exercise, Sports, Bone density, Adolescents, Athletes.

*Autor correspondente. E-mail: tathy04n@gmail.com (T. Krahenbühl).

^aUniversidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

^bUniversidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Recebido em 2 de janeiro de 2017; aprovado em 14 de abril de 2017; disponível on-line em 8 de janeiro de 2018.

INTRODUÇÃO

Muitas mudanças ocorrem no tecido ósseo durante a infância e a adolescência, etapas caracterizadas pelo intenso crescimento físico e desenvolvimento do organismo em geral. Essas mudanças ocorrem principalmente devido ao aumento linear no tecido ósseo durante esses períodos, o que reflete a predominância da deposição óssea em relação à sua reabsorção.¹⁻³ A integridade estrutural do osso depende de vários parâmetros, tais como a massa óssea total, as propriedades do tecido que o constitui e a geometria óssea.⁴

A geometria óssea pode ser definida tanto pelos parâmetros do tecido ósseo, tais como o diâmetro ósseo, a área transversal do osso, a área óssea total, como também pelos indicadores da arquitetura do osso, tais como o *cross sectional moment of inertia* (CSMI), que é definido como o índice de rigidez estrutural que reflete a distribuição da massa em torno do centro de um elemento estrutural, i.e., a soma da massa de *pixels* em cada ponto do perfil vezes o quadrado da distância entre o centro da massa do perfil, e a conectividade intratrabecular.^{5,6} As propriedades materiais do osso são usualmente descritas pelas variáveis como o módulo de elasticidade, que indica a rigidez do material ósseo, pela habilidade de suportar estresse, que é um indicador de força óssea, e pela capacidade de absorção de energia, medida pela unidade de volume do osso. Logo, a geometria óssea pode ser definida por onde e como o material que compõe a estrutura do tecido ósseo é distribuído.⁷ Alguns fatores, como a intensidade de modelação óssea, a orientação da modelagem ou da remoção do tecido ósseo, podem alterar a geometria do osso.⁶

Além disso, fatores como a genética, o estado hormonal, a exposição ao sol e a alimentação podem influenciar na constituição do tecido ósseo, além da prática regular de atividade física, incluindo a prática esportiva, principalmente com sobrecarga corporal, que desempenha um papel importante no desenvolvimento e na manutenção da massa e da força dos ossos. Somado a isso, sugere-se que a capacidade de resposta do osso ao aumento da carga mecânica depende da taxa de absorção óssea induzida pelo crescimento, ou seja, a atividade física durante o crescimento induz a benefícios no processo de acúmulo mineral da estrutura óssea.^{3,8,9}

A atividade física afeta a densidade óssea e a geometria porque o tecido ósseo se auto-organiza de acordo com a carga proveniente de atividades físico-esportivas específicas. Entretanto, os efeitos dos diferentes esportes para a saúde óssea ainda não são totalmente compreendidos, pois podem variar de acordo com a intensidade do impacto e com o tipo de atividade — com sobrecarga corporal (ex: ginástica, futebol, voleibol) ou sem sobrecarga corporal (ex: natação).¹⁰⁻¹³ Além disso, há indícios de que indivíduos pré-púberes e púberes que realizam exercícios físicos com exigência da sobrecarga corporal têm ossos geometricamente maiores e mais fortes.¹⁴

A maioria das pesquisas que avaliam o efeito da carga mecânica no crescimento ósseo tem centrado seus estudos nos parâmetros da densidade mineral óssea (DMO) e no conteúdo mineral ósseo (CMO). Porém, recentemente, parâmetros de geometria óssea vêm sendo utilizados para verificar a qualidade óssea de crianças e adolescentes. Vários métodos podem ser aplicados para avaliar a geometria óssea, métodos esses que demonstram uma estreita relação com a qualidade do osso, tais como a intensidade de modelação óssea, a remoção de componentes mecanicamente significativos que compõem o tecido ósseo, diâmetros e área transversal do osso, o momento de inércia e a conectividade intratrabecular, entre outras.⁶ Logo, questões sobre quais atividades físicas e esportivas interferem na geometria óssea parecem ainda não estar solucionadas. Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar, por meio de uma revisão sistemática, a influência da prática de atividade física e/ou esporte na geometria óssea de crianças e adolescentes saudáveis.

MÉTODO

Este estudo é uma revisão sistemática da literatura sobre a prática de atividade física e/ou esportes na saúde e geometria óssea de crianças e adolescentes saudáveis. O método utilizado como referência para a pesquisa foi o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).¹⁵ Inicialmente, foram pesquisados artigos nas bases de dados PubMed, Biblioteca Regional de Medicina/Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (BIREME/LILACS) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), publicados nos anos de 2006 a 2016. A busca foi realizada por dois autores em momentos diferentes, em inglês e português. Os seguintes descritores, palavras e combinações para a busca de dados foram usados: “*Bone geometry*” AND (*Sport* OR Exercise* OR “Physical Activity”*). Os critérios para a inclusão dos artigos foram:

- amostra de indivíduos com idade até 18 anos (crianças e adolescentes);
- amostra de praticantes de atividade física e/ou atletas;
- apenas seres humanos;
- não portadores de doenças;
- artigos originais; e
- artigos com o objetivo de verificar a influência e/ou o efeito de atividade física e/ou esporte na geometria óssea.

Todos os tipos de intervenção com atividade física, exercício ou esporte foram incluídos na amostra, sem distinção de carga, intensidade ou frequência; entretanto, foram excluídos os artigos que não apresentavam resultados referentes às análises de atividade física comparados com a geometria óssea.

Durante as fases da busca, foram realizadas as análises dos títulos, a consequente retirada das duplicatas e a leitura dos resumos. Assim, foi feita a seleção dos artigos completos para leitura e, enfim, a seleção dos artigos para serem incluídos na revisão, conforme fluxograma (Figura 1).

Importante salientar, antes de discutir os resultados encontrados, que três métodos diferentes de avaliação da geometria óssea são usualmente encontrados. O método da *peripheral quantitative computed tomography* (pQCT) faz a avaliação tridimensional das partes corticais e trabeculares do osso, analisando a densidade, a geometria e a estimativa da força óssea, com acurácia para as alterações na sobrecarga corporal.¹⁶ A *dual-energy X-ray absorptiometry* (DXA), por sua vez, tem sido frequentemente empregada por emitir menor dose de radiação e, diferentemente do pQCT, não há como distinguir entre o osso trabecular e o cortical. Para mensurar a geometria óssea, é necessário *software* adicional.¹⁷ Dois programas utilizados são o *Hip Structural Analysis* (HSA), *software* nos modelos Hologic, e o *Advanced Hip Assessment software*, nas máquinas GE-Lunar.¹⁸ Em geral, os parâmetros de geometria e densidade óssea fornecidos pelo DXA são positivamente correlacionados com as avaliações realizadas pela pQCT.¹⁷ Finalmente, a geometria óssea pode ser analisada por meio da

ressonância magnética (*Magnetic Resonance Imaging* — MRI), que é habitualmente usada para avaliar o sistema musculoesquelético e suas patologias. Um protocolo de ressonância magnética pode ser diretamente comparado com as medidas de densidade do pQCT, além de não utilizar a radiação ionizante e ser um método mais sensível às mudanças patológicas dos tecidos.¹⁹

RESULTADOS

Foram encontrados 21 artigos que correspondiam aos critérios de inclusão, sendo que o principal foco deste estudo foi revisar os estudos com crianças e adolescentes saudáveis e praticantes de atividades físicas ou esportes. Dos estudos incluídos, 13 são transversais (Tabela 1) e 8, longitudinais (Tabela 2).

No geral, 90% dos estudos incluídos nesta revisão (19 artigos) encontraram diferenças significativas entre os grupos ativos em relação aos controles (não praticantes regulares de atividade física), demonstrando que a prática de atividade física e/ou esportes foi benéfica do ponto de vista da geometria óssea e da DMO. Porém, dois estudos apresentaram valores dos parâmetros ósseos dos indivíduos controles melhores do que os indivíduos ativos, no caso, em relação a meninas praticantes de natação, e

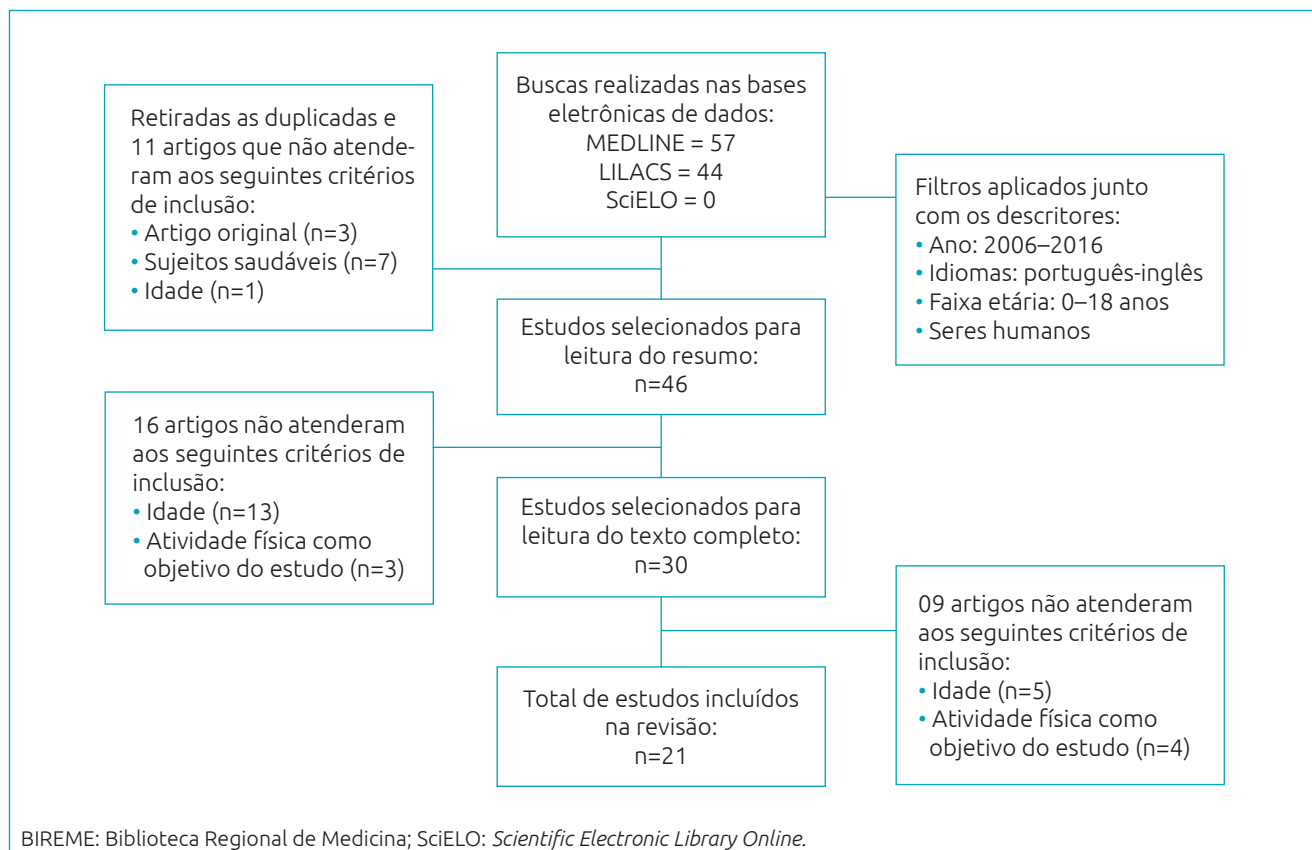


Figura 1 Fluxograma representando o processo e as etapas de seleção dos estudos que foram incluídos na revisão.

dois estudos não encontraram diferenças entre os grupos após um período de intervenção.

As atividades físicas e os esportes encontrados foram: ginástica artística (n=7), ginástica rítmica (n=2), tênis

(n=1), futebol (n=3), capoeira (n=1), natação (n=4), ciclismo (n=1) atividades com saltos (n=2), estudos relacionando atividade física com pico de torque isocinético (n=1), atividade física em geral, tempo presente ou passado,

Tabela 1 Estudos transversais incluídos na revisão, com características das amostras, métodos e resultados.

Estudo	Amostra	Métodos	Resultados
20	Meninas (n=103) ±7,8 anos (♀)	DXA, HSA	Baixa correlação positiva da AF com área óssea do fêmur e com saltos verticais. CMO da perna total, fêmur, diâmetro e área transversal do fêmur teve correlação positiva com PT.
21	Hgym (n=28), Lgym (n=28), Nogym (n=28) ± 7,9anos (♀)	DXA, pQCT	DXA: CMO maior para as ginastas. pQCT: ginastas com valores superiores de CMO, densidade total, índice de força e de deformação óssea.
14	Baixa AF (n=41) Alta AF (n=25) ±10,0 anos (♂♀)	DXA, pQCT	DXA: grupo com maior a atividade física maior o CMO rádio, fêmur e corpo total. pQCT: grupo com maior a atividade física maior em área óssea transversal e circunferência do osso (meninos brancos).
22	RG (n=26), CON (n=23), ±10,5 anos (♀)	pQCT	RG com maior CMO total e cortical, área cortical, índice de deformação óssea, espessura, circunferência do osso e área muscular.
23	Crianças (n=424) 9 a 11 anos (♂♀)	pQCT	AF correlacionada com área total e cortical, densidade óssea, índice de deformação (♂) e índice de força (♂♀). VHJ correlacionado com índice de força óssea e área cortical (♀).
24	Baixa AF (n=25) Média AF (n=17) Alta AF (n=18) ±11,0 anos (♀)	pQCT	Alta AF maior espessura cortical, área transversal, índice de deformação óssea e CMO total, cortical e volumétrico. Média AF maior CMO cortical e índice de deformação do que Baixa AF.
25	AG (n=28) Nogym (n=28) Tanner I e II (♀)	DXA	AG com valores maiores de CMO e DMO, largura do perióstio, área da densidade, índice de força, espessura e diâmetro ósseos.
26	Baixa, Média e Alta AF (n=465) 8 a 13 anos (♀)	pQCT	Maior duração, frequência e carga da AF maior os valores de circunferência do perióstio e endocortical, índice de deformação e força óssea.
27	NAT (n=41), FUT (n=37), CIC (n=29), CON (n=14) 12 a 14 anos (♂)	DXA, HSA	Atletas com valores maiores da DMO e CMO de todos os locais ósseos (exceto coluna lombar e braços).
28	AG (n=23), CON (n=23) ±13,3 anos (♀)	DXA, HSA	AG com valores maiores na DMO total, braço, perna, fêmur, coluna lombar, rádio, área de secção transversal, modulo de sessão e espessura óssea.
29	AG (n=20), RG (n=20), NAT (n=20) CON (n=20) ±13,8 anos (♀)	DXA, HSA	AG com valores maiores de DMO em todos os locais ósseos do que SW e CON. AG maiores valores DMO da coluna lombar e rádio do que RG. RG maiores valores no fêmur do que SW e CON. AG e RG menor valor no <i>Buckling Ratio</i> do que SW e CON.
30	NAT (n=26), FUT (n=32), CON (n=15) ±16,0 anos (♀)	DXA, HSA	FUT com parâmetros de densidade maior que NAT. FUT com maiores valores de parâmetros de força óssea e densidade do que NAT e CON. NAT apresentou escore Z do quadril abaixo dos valores normais.
31	Exgym (n=16), Nogym (n=13) ±16,2 anos (♀)	pQCT	Ex-ginastas com valores maiores de área transversal do osso, índices de força óssea, e densidade volumétrica.

CON: controle; Hgym: ginastas de alta intensidade; Lgym: ginastas de baixa intensidade; Nogym: não ginastas; Exgym: ex-ginastas; AF: atividade física; NAT: nadadoras; FUT: jogadoras de futebol; CIC: ciclistas; AG: ginástica artística; RG: ginástica rítmica; DXA: absorciometria por dupla emissão de raios X; HSA: *hip structural analysis*; pQCT: tomografia computadorizada quantitativa periférica; MRI: ressonância magnética por imagem; QUS: ultrassom quantitativo; DMO: densidade mineral óssea; CMO: conteúdo mineral ósseo; VHJ: saltos verticais; PT: pico de torque isocinético; ♀: sexo feminino; ♂: sexo masculino.

Tabela 2 Estudos longitudinais incluídos na revisão, com características das amostras, métodos, intervenção e resultados.

Estudo	Amostra	Métodos	Intervenção	Resultados
32	CON (n=13), SB (n=13), SA (n=13) ±7,8 anos (♀)	DXA, <i>analyze software</i> MRI	SA=28 cm; SB=14 cm; 10 séries de 5 repetições, 3x/sem. T=8 meses	Sem diferenças entre os grupos.
9	Interv (n=42) e CON (n=43) ±7,9 anos (♀)	DXA, HSA	200 minutos de aulas de EF adicional por semana, T=2 anos.	Sem diferença entre os grupos.
8	Interv (n=72) e CON (n=55) ±7,9 anos (♂)	DXA, HSA	200 minutos de aulas de EF adicional por semana, T=2 anos.	Intervenção maior que COM na DMO e geometria (cm) da terceira vértebra lombar.
33	Hgym (n=28), Lgym (n=28) e Nogym (n=28) ±7,9 anos (♀)	DXA, pQCT	Hgym=6 a16h/sem Lgym=1 a 5h/sem T=6 meses.	DXA: ginastas com valores maiores na CMO do braço. pQCT: ginastas com valores maiores na área cortical total e, medular, índice de força e deformação óssea, e espessura cortical, densidade e conteúdo ósseo total.
34	AG (n=28), ExGym (n=64), Nogym (n=73) 4 a 10 anos (♂♀)	DXA, HSA	Prática de ginástica recreacional ≥45min/sem T=4 anos	Ginastas com valores maiores de área transversal e sessão modular. Ex-ginastas não teve diferença em relação ao CON.
35	Capoeiristas (n=104), CON (n=68) ±10,5 anos (♂)	DXA, QUS de calcâneo.	10 min/sessão, 3x/sem Capoeira=ginga, saltos, chutes, carrinhos. T=9 meses	Capoeiristas juntamente com exercícios de saltos incrementaram mais parâmetros do ultrassom e circunferências do perióstio do rádio e espessura da coluna lombar do que os controles.
36	Tenistas (n=45) 10 a 17 anos (♀)	MRI	Mínimo de 2h/sem T=12 meses	Valores do braço de jogo maior que o outro braço no CMO, área total e cortical do osso e área transversal do músculo.
37	NAT (n=26), FUT (n=32), CON (n=15) ±16,0 anos (♀)	DXA, HSA	NAT=260 sessões/ano, 10 h/sem, 1500km (total do estudo) FUT=225 sessões/ano, 2h/dia, 39 semanas T=8 meses	FUT aumentou DMO total, coluna lombar, quadril e fêmur, escore Z de corpo total, e a área, espessura e índice de força do fêmur. NAT aumentou DMO da área intertrocantérica e BR, diminuiu o escore Z de corpo total e fêmur.

EF: educação física; Interv: intervenção; CON: controle; h/sem: horas por semana; T: tempo entre as avaliações do estudo; ExGym: ex-ginastas; Hgym: ginastas de alta intensidade; Lgym: ginastas de baixa intensidade; Nogym: não ginastas; NAT: nadadoras; FUT: jogadoras de futebol; SB: saltos baixos; SA: saltos altos; DXA: absorciometria por dupla emissão de raios X; HSA: *hip structural analysis*; pQCT: tomografia computadorizada quantitativa periférica; MRI: ressonância magnética por imagem; DMO: densidade mineral óssea; CMO: conteúdo mineral ósseo; BR: *Buckling Ratio*; ♀: sexo feminino; ♂: sexo masculino.

mensurado por questionário (n=4) e aulas adicionais de educação física (n=2). Entre as atividades físicas e os esportes encontrados, ginástica, futebol, capoeira, tênis e atividade física em geral (questionários) apresentaram resultados melhores na geometria óssea do que os observados nos indivíduos do grupo controle. Em relação a praticantes de natação, os resultados foram inferiores não só aos outros esportes (futebol e ginástica), mas também em relação aos controles. Os estudos envolvendo saltos e avaliação da força pelo torque muscular também não apresentaram efeitos na geometria óssea.

DISCUSSÃO

Grande parte dos estudos utilizou a DXA e o *software* HSA, seguida dos estudos com a pQCT para a avaliação quantitativa da DMO, do CMO e da geometria óssea. Foi encontrada com menor frequência a aplicação da MRI, sendo incluído nesta revisão apenas um artigo com esse método. Foram aqui analisados estudos com crianças e adolescentes até 18 anos de idade, fase importante para o pico do desenvolvimento e crescimento ósseo e, com isso, foi possível observar que a prática de atividade física e/ou esportes oferece benefícios aos parâmetros ósseos avaliados.

Todos os estudos incluídos nesta revisão que envolveram a prática da ginástica apresentaram maiores valores dos parâmetros do DXA, como a DMO e CMO de corpo total, e também da geometria óssea avaliada pelo pQCT, tais como volume da DMO, do fêmur e da área intertrocântica, em comparação a indivíduos de mesma idade e sexo não praticantes. Essa diferença vem sendo consolidada na literatura, pois as atletas de ginástica apresentam aumento da DMO, comparadas às meninas da mesma idade não atletas — o que pode ser atribuído às forças de impacto impostas pelas ações de saltar e cair presentes nesse esporte.³⁸

Praticantes de outros esportes, como futebol, tênis e capoeira, apresentaram valores melhores de DMO e de geometria óssea do que indivíduos controles e, no caso dos jogadores de futebol, também quando comparados a nadadores, mostrando que esportes com características de impacto e sobrecarga corporal promovem a deposição óssea, auxiliando na melhora do pico da densidade óssea.

Foram encontrados três artigos que compararam nadadoras com praticantes de outros esportes e/ou controles. No estudo transversal de Ferry et al.,³⁰ enquanto as jogadoras de futebol tiveram valores superiores da DMO e dos parâmetros da geometria óssea em relação a controles, as nadadoras apresentaram valores menores que o grupo controle para vários parâmetros, como DMO e área de secção transversal; porém, apresentaram incremento no escore *Z* de *Buckling Ratio* (BR), que é o resultado entre a razão do raio exterior e a espessura da parede do osso. Em outras palavras, a BR é a taxa de deformação estimada no HSA por modelar a secção transversal circular ou elíptica do anel com uma proporção fixa (60, 70 e 100%) da CSA (cross-sectional area) na concha cortical para as regiões do pescoço do fêmur (FN), da intertrocântica (IT) e do eixo femoral (FS), respectivamente.³⁰ No estudo longitudinal do mesmo autor,³⁷ as nadadoras tiveram incremento em alguns locais, como na DMO da área IT, escore *Z* da área transversal e BR, entretanto, tais nadadoras contavam com alta frequência de treinos semanais (10h/semana), nadando, em média, $\pm 5,7$ km por sessão, sugerindo que a alta frequência e intensidade dos treinos pode ter contribuído para esses aumentos. Esses achados estão de acordo com uma a revisão sistemática que constatou que a maioria dos estudos apresenta valores semelhantes de densidade e geometria óssea entre nadadores e indivíduos do grupo controle, o que sugere que a natação não é suficiente para estimular o crescimento ósseo acima do padrão regular,¹¹ sendo necessário elevar a intensidade nos treinos para que se alcance o estímulo acima desse padrão.

Outras formas de avaliação da atividade física, como, por exemplo, questionários, fornecem fortes indícios de que, quanto mais intensa e frequente é a prática das atividades

físicas, melhores são os resultados encontrados nos parâmetros ósseos. Michalopoulou et al.²⁴ analisaram indivíduos classificados como praticantes de atividade física de alta e baixa intensidade, com melhores resultados da geometria óssea no primeiro grupo. Alwis et al.⁸ notaram que os meninos com maior tempo de prática nas aulas de educação física obtiveram resultados melhores para a terceira vértebra lombar, comparados com meninos com menos tempo de prática de atividade física. Em estudo transversal utilizando avaliação física e saltos, verificou-se que a influência da atividade física esteve significativamente correlacionada com os seguintes parâmetros ósseos: área óssea total, densidade total do osso, índice de força óssea, área cortical e índice de deformação óssea nos meninos e índice de força óssea nas meninas, enquanto os saltos verticais tiveram correlação apenas com o parâmetro índice de força óssea para as meninas, indicando baixa influência dos saltos em um grupo de indivíduos não praticantes regulares de atividade física ou esportes.²³ Quando a intervenção proposta foi de exercícios de saltos isolados em duas alturas diferentes, não houve diferença significativa entre os grupos antes e depois dos programas de exercícios, independentemente da altura dos saltos.³²

Entretanto, a presente revisão encontrou mais estudos transversais do que longitudinais, sendo os últimos em número de oito, representando 38% da amostra (Tabela 2). Entre essas pesquisas, dois estudos^{9,32} não apresentaram diferenças nos parâmetros da geometria óssea avaliados entre os indivíduos após um período de intervenção com aulas de educação física ou exercícios de saltos, diferentemente dos demais estudos longitudinais, em que indivíduos praticantes de ginástica,³³ futebol³⁷ e capoeira³⁵ demonstraram resultados melhores nos parâmetros da geometria óssea, quando comparados com indivíduos sedentários, após um período de intervenção. Também na pesquisa de Ducher et al.³⁶ foram observadas diferenças significativas entre o braço de jogo e não jogo de tenistas, com aumento nos valores de geometria óssea para o braço mais utilizado pelos jogadores.

Importante ressaltar algumas limitações desses estudos, como, por exemplo, o tempo adicional de aulas de educação física não ter sido suficiente em relação ao grupo que também participava das aulas, porém em menor tempo,^{8,9} ou mesmo a falta de um grupo controle e a utilização do membro dominante como comparação em um mesmo indivíduo que realizou exercícios de saltos,³² desconsiderando o fato de que o incremento da massa óssea também ocorre por meio da ação osteometabólica no tecido ósseo como um todo, não somente em uma região isolada. Essas limitações geram dúvidas em relação à prática do exercício ou da atividade física, ocasionando um viés nas análises e impossibilitando conclusões mais assertivas. Além disso, foram encontrados nesta revisão apenas um

artigo com a prática da capoeira e um com tenistas e, por isso, as informações são insuficientes para fazer qualquer conclusão a respeito desses esportes.

Vale ressaltar, contudo, que os resultados encontrados podem estar relacionados ao tempo e à frequência das atividades praticadas. Por exemplo, no estudo com ginastas que tinham uma prática de 6 a 16h/semana, os resultados foram superiores aos das ginastas com prática de 1 a 5h/semana, o que pode resultar em adaptações relacionadas à estrutura dinâmica do osso, remodelado de acordo com as forças externas às quais é submetido; ou seja, a habilidade óssea de se auto-organizar em tamanho, forma e estrutura depende das cargas mecânicas às quais o osso é submetido (*Lei de Wolff*). Frost & Schonau³⁹ propuseram que o desenvolvimento da resistência óssea depende da ação muscular, pois é o músculo que gera a maior pressão e carga mecânica sobre o osso. Logo, esportes que produzem tensão muscular acima do limiar necessário promoverão maior resistência óssea do que esportes com tensão submáxima.³⁸

Por fim, foi possível observar que a maioria dos estudos utilizou a ginástica como esporte de análise, sendo mínimo o número de estudos com esportes coletivos (apenas futebol), não havendo outras modalidades praticadas por crianças e adolescentes. Assim, há escassez de estudos e necessidade de

pesquisas com esportes e atividades físicas que podem ter grande influência na geometria óssea de crianças e adolescentes para demonstrar os efeitos das diversas práticas ainda pouco estudados nessa faixa etária.

Em conclusão, a ginástica apresentou, em todos os estudos desta revisão, influência positiva na geometria óssea, assim como o futebol e a prática mais intensa de atividade física mensurada por questionário. Com isso, sugere-se que essas atividades esportivas específicas, mais frequentes e mais intensas, exercem efeito positivo nos parâmetros geométricos.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Médicas, à Universidade Estadual de Campinas e ao Laboratório de Crescimento e Composição Corporal pelo apoio acadêmico.

Financiamento

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), suporte financeiro ao autor Ezequiel Moreira Gonçalves, Brasil, nº processo: 462310/2014-0.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- 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;27:178-82.
- Nichols DL, Sanborn CF, Essery EV. Bone density and young athletic women. An update. *Sports Med.* 2007;37:1001-14.
- Mora S, Gilsanz V. Establishment of peak bone mass. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2003;32:39-63.
- Donnelly E. Methods for assessing bone quality: a review. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:2128-38.
- Beck TJ. Extending DXA beyond bone mineral density: understanding hip structure analysis. *Curr Osteoporos Rep.* 2007;5:49-55.
- Ferretti JL. Perspectives of pQCT technology associated to biomechanical studies in skeletal research employing rat models. *Bone.* 1995;17(Suppl 4):S353-64.
- Meulen MC, Jepsen KJ, Mikic B. Understanding bone strength: size isn't everything. *Bone.* 2001;29:101-4.
- Alwis G, Linden C, Ahlberg HG, Dencker M, Gardsell P, Karlsson MK. A 2-year school-based exercise programme in pre-pubertal boys induces skeletal benefits in lumbar spine. *Acta Paediatr.* 2008;97:1564-71.
- Alwis G, Linden C, Stenevi-Lundgren S, Ahlberg HG, Dencker M, Besjakov J, et al. A school-curriculum-based exercise intervention program for two years in pre-pubertal girls does not influence hip structure. *Dyn Med.* 2008;7:8.
- Behringer M, Gruetzner S, McCourt M, Mester J. Effects of weight-bearing activities on bone mineral content and density in children and adolescents: A meta-analysis. *J Bone Miner Res.* 2014;29:467-78.
- Gomez-Bruton A, Gonzalez-Aguero A, Gomez-Cabello A, Casajús JA, Vicente-Rodríguez G. Is bone tissue really affected by swimming? A systematic review. *PLoS One.* 2013;8:e70119.
- Ubago-Guisado E, Gomez-Cabello A, Sanchez-Sanchez J, Garcia-Unanue J, Gallardo L. Influence of different sports on bone mass in growing girls. *J Sports Sci.* 2015;33:1710-8.
- Ubago-Guisado E, Garcia-Unanue J, Lopez-Fernandez J, Sanchez-Sanchez J, Gallardo L. Association of different types of playing surfaces with bone mass in growing girls. *J Sports Sci.* 2016;35(15):1484-92.
- Meiring RM, Avidon I, Norris SA, McVeigh JA. A two-year history of high bone loading physical activity attenuates ethnic differences in bone strength and geometry in pre-/early pubertal children from a low-middle income country. *Bone.* 2013;57:522-30.

15. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *BMJ*. 2009;339:b2700.
16. Smock AJ, Hughes JM, Popp KL, Wetzsteon RJ, Stovitz SD, Kaufman BC, et al. Bone volumetric density, geometry, and strength in female and male collegiate runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:2026-32.
17. Douthwaite JN, Flowers PP, Scerpella TA. Agreement between pQCT- and DXA-derived indices of bone geometry, density, and theoretical strength in females of varying age, maturity, and physical activity. *J Bone Miner Res*. 2011;26:1349-57.
18. Briot K. DXA parameters: beyond bone mineral density. *Joint Bone Spine*. 2013;80:265-9.
19. Hong J, Hipp JA, Mulkern RV, Jaramillo D, Snyder BD. Magnetic resonance imaging measurements of bone density and cross-sectional geometry. *Calcif Tissue Int*. 2000;66:74-8.
20. Daly RM, Stenevi-Lundgren S, Linden C, Karlsson MK. Muscle determinants of bone mass, geometry and strength in prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:1135-41.
21. Burt LA, Naughton GA, Greene DA, Courteix D, Ducher G. Non-elite gymnastics participation is associated with greater bone strength, muscle size, and function in pre- and early pubertal girls. *Osteoporos Int*. 2012;23:1277-86.
22. Tournis S, Michopoulou E, Fatouros IG, Paspali I, Michalopoulou M, Raptou P, et al. Effect of rhythmic gymnastics on volumetric bone mineral density and bone geometry in premenarcheal female athletes and controls. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95:2755-62.
23. Macdonald H, Kontulainen S, Petit M, Janssen P, McKay H. Bone strength and its determinants in pre- and early pubertal boys and girls. *Bone*. 2006;39:598-608.
24. Michalopoulou M, Kambas A, Leontsini D, Chatzinikolaou A, Draganidis D, Avloniti A, et al. Physical activity is associated with bone geometry of premenarcheal girls in a dose-dependent manner. *Metabolism*. 2013;62:1811-18.
25. Douthwaite JN, Flowers PP, Spadaro JA, Scerpella TA. Bone geometry, density, and strength indices of the distal radius reflect loading via childhood gymnastic activity. *J Clin Densitom*. 2007;10:65-75.
26. Farr JN, Blew RM, Lee VR, Lohman TG, Going SB. Associations of physical activity duration, frequency, and load with volumetric BMD, geometry, and bone strength in young girls. *Osteoporos Int*. 2011;22:1419-30.
27. Vlachopoulos D, Barker AR, Williams CA, Arngrimsson SA, Knapp KM, Metcalf BS, et al. The Impact of Sport Participation on Bone Mass and Geometry in Adolescent Males. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49:317-26.
28. Maimoun L, Coste O, Mariano-Goulart D, Galtier F, Mura T, Philibert P, et al. In peripubertal girls, artistic gymnastics improves areal bone mineral density and femoral bone geometry without affecting serum OPG/RANKL levels. *Osteoporos Int*. 2011;22:3055-66.
29. Maimoun L, Coste O, Philibert P, Briot K, Mura T, Galtier F, et al. Peripubertal female athletes in high-impact sports show improved bone mass acquisition and bone geometry. *Metabolism*. 2013;62:1088-98.
30. Ferry B, Duclos M, Burt L, Therre P, Le Gall F, Jaffre C, et al. Bone geometry and strength adaptations to physical constraints inherent in different sports: comparison between elite female soccer players and swimmers. *J Bone Miner Metab*. 2011;29:342-51.
31. Douthwaite JN, Scerpella TA. Distal radius geometry and skeletal strength indices after peripubertal artistic gymnastics. *Osteoporos Int*. 2011;22:207-16.
32. Greene DA, Wiebe PN, Naughton GA. Influence of drop-landing exercises on bone geometry and biomechanical properties in prepubertal girls: a randomized controlled study. *Calcif Tissue Int*. 2009;85:94-103.
33. Burt LA, Ducher G, Naughton GA, Courteix D, Greene DA. Gymnastics participation is associated with skeletal benefits in the distal forearm: a 6-month study using peripheral Quantitative Computed Tomography. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2013;13:395-404.
34. Gruodyte-Raciene R, Erlandson MC, Jackowski SA, Baxter-Jones AD. Structural strength development at the proximal femur in 4- to 10-year-old precompetitive gymnasts: a 4-year longitudinal hip structural analysis study. *J Bone Miner Res*. 2013;28:2592-600.
35. Nogueira RC, Weeks BK, Beck BR. Targeting bone and fat with novel exercise for peripubertal boys: the CAPO kids trial. *Pediatr Exerc Sci*. 2015;27:128-39.
36. Ducher G, Bass SL, Saxon L, Daly RM. Effects of repetitive loading on the growth-induced changes in bone mass and cortical bone geometry: a 12-month study in pre/peri- and postmenarcheal tennis players. *J Bone Miner Res*. 2011;26:1321-9.
37. Ferry B, Lespessailles E, Rochcongar P, Duclos M, Courteix D. Bone health during late adolescence: Effects of an 8-month training program on bone geometry in female athletes. *Joint Bone Spine*. 2013;80:57-63.
38. Tenforde AS, Fredericson M. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM R*. 2011;3:861-7.
39. Frost HM, Schonau E. The "muscle-bone unit" in children and adolescents: a 2000 overview. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2000;13:571-90.