

Ginástica artística na juventude e retenção da densidade mineral óssea na vida adulta – estratégia para a prevenção da osteoporose? Uma revisão narrativa da literatura

Artistic gymnastics in youth and bone mineral density retention in adulthood – a strategy for the prevention of osteoporosis? A narrative review of the literature

Patrícia Arruda de Albuquerque Farinatti¹ , Nádia Souza Lima da Silva¹ , Paulo Farinatti¹ 

1. Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO

A osteoporose acomete grande parte da população idosa, contribuindo com limitações funcionais. A atividade física pode retardar a osteoporose, especialmente quando envolve grandes demandas de força e impacto, mas a osteopenia avançada é dificilmente revertida. A principal contribuição do exercício parece situar-se na juventude, pela maximização dos picos de densidade mineral óssea (DMO). Estudos sobre a retenção da DMO na vida adulta em resposta a diferentes atividades físicas são necessários. A ginástica artística (GA) encaixa-se no perfil de atividades com alto potencial osteogênico, com movimentos que combinam força e impacto (saltos, etc). Crianças e adolescentes que a praticam tendem a exibir picos de DMO elevados. A presente revisão narrativa analisou a literatura acerca da retenção da DMO decorrente da prática de GA em indivíduos de meia idade e idosos. As evidências disponíveis permitem pensar que: a) desde idades precoces, crianças e adolescentes que praticam GA competitiva exibem níveis maiores de DMO vs. indivíduos de idade equivalente fisicamente inativos ou que praticam outras modalidades desportivas; b) os poucos estudos comparativos que investigaram o potencial de retenção da DMO devido à prática de GA na juventude indicam que, pelo menos até a meia idade, ex-ginastas de ambos sexos tendem a exibir maior massa óssea que a população em geral. Apesar desses resultados promissores, há carência de pesquisas acerca da retenção da DMO em idosos que praticaram GA competitiva na juventude. Isso seria importante, uma vez sendo nessa faixa que se observa osteopenia avançada e, efetivamente, maior prevalência de osteoporose.

Palavras-chave: envelhecimento; osteopenia; osso; desporto; saúde.

ABSTRACT

Osteoporosis affects a large part of the elderly population and leads to functional limitations. The practice of physical activity can delay osteoporosis, especially when it involves great demands of force and impact, but advanced osteopenia is hardly reversed. The main contribution of exercise seems to be in youth, through the maximization of bone mineral density (BMD) peaks. Studies on retention of BMD in adulthood in response to different physical activities are needed. Artistic gymnastics (AG) fits the profile of activities with high osteogenic potential, with movements that combine strength and impact (jumping, etc). Children and adolescents who practice AG tend to exhibit high BMD peaks. The present narrative review analyzed the literature on BMD retention resulting from the practice of AG in middle-aged and older individuals. The available evidence suggests that: a) from an early age, children, and adolescents who practice competitive AG exhibit higher levels of BMD vs. individuals of equivalent age physically inactive or practicing other sports; b) the few comparative studies that investigated the potential for BMD retention due to the practice of AG in youth, indicate that, at least until middle age, former gymnasts of both sexes tend to exhibit greater bone mass than the general population. Despite these promising results, there is a lack of research on BMD retention in older adults who practiced competitive AG in their youth. This would be important since it is in this age range that advanced osteopenia occurs and a higher prevalence of osteoporosis is effectively observed.

Keywords: aging; osteopenia; bone; sports; health.

Recebido 10 de maio de 2022; aceito 25 de maio de 2022.

Correspondência: Paulo Farinatti, Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde, Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, sala 8121F, Maracanã 20550-900 Rio de Janeiro RJ.

Introdução

A osteoporose é um problema de saúde pública, com alta prevalência entre idosos. Trata-se de uma doença caracterizada por redução extrema da mineralização dos ossos, tornando-os mais frágeis e suscetíveis às fraturas [1]. Consiste em condição dolorosa e incapacitante, com impacto negativo na qualidade de vida. Há cerca de 15 anos, a Federação Internacional de Osteoporose (IOF) estimava que cerca de 9 milhões de fraturas ocorriam anualmente por causas relacionadas à osteoporose [2]. No Brasil há cerca de 10 milhões de indivíduos diagnosticados, com ocorrência de mais de 100 mil casos de fraturas por ano [3]. As fraturas osteoporóticas acarretam graves consequências para o paciente, levando à dependência precoce e imobilidade. A taxa de mortalidade de idosos no primeiro ano após fraturas incapacitantes de quadril e colo do fêmur pode alcançar 15 a 20% dos casos [1,3,4].

O aumento na densidade mineral óssea (DMO) na juventude é considerado crucial para aumentar a resistência a fraturas em idades avançadas. A maioria dos estudos epidemiológicos indica que o aumento da DMO durante o crescimento tende a reduzir o risco de fraturas devido à perda óssea [5-7]. Sabe-se que 50% da DMO na velhice devem-se ao pico atingido na juventude [6,8]. Por isso, a DMO atingida durante a puberdade é marcador consistente do risco de osteoporose [9]. De fato, a redução de um desvio padrão na massa óssea alcançada no processo de crescimento pode aumentar o risco de fraturas osteoporóticas em cerca de 90% [10].

Frente ao quadro apresentado, estratégias de prevenção da osteoporose deveriam ser aplicadas ao longo da vida, com muitas vantagens advindas de intervenções capazes de incrementar a mineralização óssea em idades precoces [5]. Não são poucos os autores a sugerir que a melhor forma de se prevenir a osteoporose é aplicar na juventude esforços físicos que promovam o desenvolvimento da DMO [1,5,6]. Por esse motivo, diversas organizações [1,5,11] recomendam que otimizar a DMO ao final do processo de crescimento talvez seja a principal estratégia para prevenir a doença e promover a saúde óssea na idade adulta.

Nesse contexto, a possível retenção da DMO em função da prática de atividade física na juventude é aspecto importante quando se analisa o papel da atividade física na prevenção da osteoporose. Investigações que provejam informações sobre esse tema são importantes no contexto das relações entre desporto e promoção da saúde. O final da infância até o início da adolescência representa um período em que fatores biológicos associados com o crescimento e desenvolvimento ósseo variam consideravelmente [5], para o que concorrem as aceleradas mudanças biológicas durante o crescimento. Em que pesem esses fatores intervenientes, a ideia de uma janela de oportunidade quando osso é mais responsivo ao exercício é atrativa. Intervenções planejadas valendo-se de modalidades desportivas motivadoras para as crianças poderiam beneficiar a mineralização óssea não apenas de forma imediata, mas com impacto para o restante da vida [12,13].

Dentre as modalidades com potencial para aumentar a DMO, a ginástica artística vem ganhando popularidade entre crianças e jovens, sendo inclusive praticada em ambientes escolares. Existem vários relatos sugerindo que ginastas exibem maior DMO que atletas envolvidos em modalidades cujo impacto sobre o arcabouço ósseo é menor [14,15]. Por outro lado, pairam dúvidas sobre o que acontece com a massa óssea uma vez que a prática da ginástica artística é descontinuada. Alguns estudos indicaram que poderia haver retenção durante alguns anos, mas os dados ainda são episódicos e esparsos [16-19]. Revisões capazes de sumarizar o estágio do conhecimento nesse sentido fazem-se úteis para os profissionais e pesquisadores que lidam com a modalidade, seja na intervenção profissional, seja na identificação de lacunas para pesquisas futuras.

Os estudos que investigaram as relações entre ginástica artística e retenção da DMO são eminentemente de caráter transversal, limitando a contribuição de meta-análises em virtude de falta de dados pré vs. pós-intervenção. Por outro lado, uma busca envolvendo os termos “ginástica artística”, “adultos” e “densidade mineral óssea ou massa óssea” e termos MeSH correspondentes nas bases Pubmed, Scielo, Web of Science, Sportsdiscus, e Scopus localizou ao todo apenas 18 artigos relacionados à temática. Assim, optou-se por não excluir estudos e adotar uma abordagem narrativa, ainda que a revisão possa ser considerada exaustiva, para sumarizar os resultados encontrados acerca das relações entre a prática de ginástica artística, saúde óssea e osteoporose. A revisão se concentrou em dados que apoiam ou se oponham à noção de que a ginástica artística praticada durante o crescimento pode influenciar na estrutura óssea na vida adulta.

Na primeira parte, apresentamos as principais características da fisiopatologia da osteoporose. Em seguida, analisamos as bases sobre as quais se considera que determinados tipos de exercício físico contribuam para um maior pico de DMO na juventude. Com base nisso, a última parte da revisão trata da contribuição da ginástica artística para a maximização da massa óssea na infância e adolescência, bem como apresenta os estudos que analisaram a hipótese de que esses ganhos se estenderiam à vida adulta.

Fisiopatologia da osteoporose

Para cumprir suas funções, os ossos têm propriedades contraditórias: além de serem estruturas rígidas o suficiente para resistir às cargas compressivas impostas pela gravidade, precisam ser flexíveis a fim de absorver essa energia, deformando-se sem quebrar [20]. O osso é um tecido em permanente renovação, na dependência das linhas de força que sobre ele incidem. Desse modo, é reforçado onde necessário, resistindo às pressões e deformações que o expõem a risco, ao mesmo tempo em que se mantém relativamente leve.

O equilíbrio entre formação e reabsorção óssea é promovido por três tipos de células: os osteoblastos, osteócitos e osteoclastos [21]. Os osteoblastos têm origem na

medula óssea e são responsáveis pela formação do tecido ósseo, produzindo a matriz orgânica na qual sais de cálcio cristalizados serão depositados. À medida que a matriz óssea é sintetizada, os osteoblastos são por ela envolvidos e passam a ser chamados osteócitos, que se alojam em lacunas no interior do tecido ósseo mineralizado. Os osteoclastos respondem à necessidade do corpo por cálcio, quando então removem simultaneamente osteóides e sais desse mineral. Logo, sua função é promover a reabsorção óssea, descalcificando o tecido ósseo.

O esqueleto humano é formado por cerca de 20% de osso trabecular (esponjoso) e 80% de osso cortical (compacto) [20,21], os quais exibem diferentes graus de mineralização. Enquanto o osso cortical apresenta 80% de seu volume mineralizado, o trabecular tem somente 15-25%, sendo o volume remanescente ocupado pela medula óssea, gordura e vasos sanguíneos. A superfície externa dos ossos longos (diáfises) é coberta e protegida por uma membrana denominada de perióstio, enquanto as superfícies internas são cobertas por uma membrana formada de delicado tecido conectivo denominado endóstio. Tanto o perióstio quanto o endóstio são capazes de produzir osteoblastos e osteoclastos. O cálcio consiste no conteúdo mineral dos ossos, em equilíbrio com o montante encontrado nos demais fluidos e tecidos corporais. Essas reservas são intercambiáveis: se há déficit de cálcio, o processo de reabsorção óssea o disponibiliza para o restante do corpo [20].

Normalmente, há equilíbrio na atividade dos osteoblastos e osteoclastos [21]. A aposição óssea representa a criação de nova matriz óssea (anabolismo), repondo o tecido perdido pela atuação dos osteoclastos e adaptando funcionalmente o osso às demandas externas a ele impostas. O processo de reabsorção (catabolismo) é importante para manter constantes os níveis de cálcio extracelulares. Muitos fatores influenciam esse equilíbrio, como a constituição genética, nutrição e estímulos mecânicos. Quando os processos catabólicos predominam sobre os anabólicos, a perda óssea ocorre, o que se denomina osteopenia. Quando fatores inibidores da formação óssea se fazem presentes, como déficit hormonal, limitações na absorção de cálcio ou inatividade física, precipita-se o balanço negativo no equilíbrio da remodelação óssea, resultando em um enfraquecimento dos ossos e, em última análise, na osteoporose.

O pico da DMO ocorre entre os 15 e 20 anos de idade, em ambos sexos [4,5]. Após isso, a massa óssea inicia seu declínio, processo que ocorre durante toda a vida devido ao desequilíbrio na remodelagem. Os ossos perdem tanto a sua matriz colágena, quanto conteúdo mineral, mas retêm sua organização básica. Nas mulheres, a massa óssea decresce rapidamente durante os três a sete anos imediatamente após a menopausa, principalmente devido à carência de hormônios sexuais [22,23]. Assim, a reabsorção excede a formação óssea quando as mulheres se aproximam dos 40 anos de idade. Já nos homens, a DMO declina em ritmo menor, mas durante períodos mais longos [24]. No sexo feminino, o osso trabecular decresce em uma taxa de 1-2% ao ano, passando para 2-10% anuais após a menopausa, enquanto no sexo masculino a perda é de aproximadamente 0,4% ao ano, iniciando-se a partir dos 50 anos. Estima-se

o declínio da DMO ao longo do envelhecimento em 30-40% para as mulheres e 20-35% para os homens, em relação ao pico na juventude [1,20].

Devido à ausência de sintomas, pode-se perder massa óssea durante anos, mas só perceber a existência da doença na ocorrência de episódios mais graves. Como já mencionado, nas mulheres pós-menopáusicas a osteopenia é mais acelerada, portanto a osteoporose tende a ser mais aguda que nos homens, uma vez que hormônios como o estrogênio e progesterona parecem ter papel proativo na remodelação óssea – além de inibirem a reabsorção óssea e participarem diretamente da reabsorção intestinal do cálcio, há evidências de que osteoblastos e osteócitos possuem receptores específicos para esses hormônios, o que explicaria a aceleração da osteopenia no sexo feminino após essa fase [20,21].

A fisiopatologia da osteoporose também parece envolver uma hiperatividade dos osteoclastos, resultando em cavidades de reabsorção profundas e anormais, concomitantemente a um declínio da atividade dos osteoblastos com preenchimento incompleto dessas cavidades. O osso torna-se, portanto, mais poroso e frágil. Embora a remodelagem óssea ocorra em todos os locais do esqueleto, a rotatividade é mais rápida nos ossos trabeculares, quando comparados com os ossos corticais, mais densos. O osso trabecular é mais reticulado ou esponjoso, fazendo com que os locais em que predominam sejam mais propensos aos efeitos da osteoporose [1,21].

Apesar de a taxa de osteopenia variar de acordo com o segmento corporal, nutrição, condição hormonal e hábitos de atividade física [3,25], a extensão de comprometimento ósseo varia entre pessoas de mesma idade. Assim, se a osteopenia é inevitável, questiona-se o quanto a osteoporose é um aspecto inexorável do envelhecimento ou pode ser prevenida. De todo modo, o impacto do exercício físico na saúde óssea é reconhecido, pelo menos no que tange à atenuação do processo de desmineralização dos ossos. A próxima seção discute as relações entre atividade física e o desenvolvimento da osteoporose.

Atividade física e prevenção da osteoporose

A inatividade física é um fator de risco para a osteoporose, razão pela qual programas de intervenção com exercícios são indicados como estratégia para manter a integridade óssea. É interessante notar que osteoporose e sarcopenia (perda de massa e força muscular típica do envelhecimento) apresentam-se estreitamente relacionadas. Em primeiro lugar, é lógico pensar que a redução da massa e força musculares resultem em menores condições de aplicar tensão sobre o osso, diminuindo as pressões mecânicas externas que estimulam a formação de matriz óssea. Influências mútuas dão-se também no nível da formação de tecidos – uma vez que as células musculares e ósseas derivam de células progenitoras mesenquimais comuns, ambas secretam citocinas e fatores de crescimento que influenciam mutuamente seus metabolismos [26]. Manter a massa muscular, portanto, ajuda na preservação óssea. Sendo assim, a Sociedade Brasileira de Reumatologia recomenda a prática regular de exercí-

cios resistidos que envolvam o fortalecimento muscular, particularmente dos membros inferiores, em virtude da necessidade de se preservar a massa óssea [25].

O impacto da atividade física sobre o metabolismo ósseo dá-se pelo estresse mecânico e influência hormonal. A tensão mecânica aplicada longitudinalmente ao osso provoca deformação em determinadas regiões, gerando sinais endógenos captados pelos osteócitos. Como resultado, os osteoblastos migram para os locais em risco de fratura, reforçando-os com nova aposição óssea. Por outro lado, na carência desse tipo de estímulo os osteoclastos reabsorvem cálcio nos locais onde não há necessidade, fragilizando o tecido [24]. Já se demonstrou que pacientes acamados, sob imobilização prolongada, podem exibir declínio de 1%/semana na densidade óssea trabecular [27].

Dois fatores estão na origem da mineralização resultante da tensão longitudinal aplicada aos ossos: magnitude e taxa da deformação induzida pelas cargas. Isso sugere que o treinamento visando estimular a aposição óssea deveria incluir, além de exercícios com percentuais elevados da força máxima, também exercícios de potência muscular. O efeito osteogênico é maior quando cargas que se aproximam do limite da resistência do osso são aplicadas poucas vezes, do que em exercícios realizados com cargas menores e muitas repetições [1,20]. Em outras palavras, os efeitos do treinamento estão estreitamente associados à implementação de cargas elevadas ou alto impacto [1,19,25]. Além disso, o efeito osteogênico é específico às regiões sobre as quais se aplica tensão [1]. Consequentemente, variar os exercícios significa aumentar as chances de impacto positivo na DMO em mais ossos.

As possibilidades de reversão da osteopenia em idades avançadas são reduzidas [1,6], razão pela qual o pico de massa óssea atingido na juventude parece ser um fator central na redução do risco de osteoporose [6,7]. A literatura sugere que isso seria, talvez, mais efetivo do que intervenções ou medidas paliativas mais tardias [1]. Por isso, a literatura trata como essencial que a resistência dos ossos seja incrementada durante o processo de crescimento, buscando-se aumentar tanto quanto possível a massa óssea total.

Os benefícios de atividades de alto impacto aplicam-se a crianças, parecendo manter-se mesmo nos adultos geneticamente predispostos a exibir DMO reduzida [12,28]. É bem aceito que a massa óssea atingida na adolescência seja preditora da DMO na velhice, particularmente em regiões importantes como o quadril, colo do fêmur e coluna lombar [28,29]. Além disso, os níveis de atividade física habitual na adolescência associam-se positivamente a outros indicadores, como tamanho ósseo, conteúdo mineral e resistência de vários ossos na idade adulta [5]. Essa retenção da DMO vem sendo entendida como oportunidade para reduzir o risco de osteoporose futura.

O período de crescimento, particularmente a puberdade, apresenta-se como uma fase privilegiada para os efeitos osteogênicos da atividade física [1,4]. As evidências são fortes no sentido de que o treinamento resistido é eficaz para incrementar a DMO em adolescentes [5]. Apesar de a intensidade ideal ainda ser indefinida,

aceita-se que as sobrecargas devam ser vigorosas e aplicadas longitudinalmente aos ossos [30,31]. As atividades com impacto – ou seja, nas quais as forças de reação do solo refletem-se no sistema esquelético – parecem ter o maior potencial de mineralização óssea [5,32]. Nesse tipo de exercício, os movimentos privilegiam a potência muscular em contrações concêntricas e excêntricas realizadas em curtos períodos e com intensidade elevada. Um bom exemplo são os exercícios pliométricos, nos quais saltos sucessivos costumam ser aplicados [33]. No entanto, diferentes rotinas de exercícios envolvendo saltos, inclusive em ambiente escolar, já parecem provocar efeitos benéficos na DMO [34].

Khan *et al.* [35] revisaram a literatura associando a atividade física na infância ao conteúdo mineral ósseo na idade adulta. Foram descritos estudos demonstrando que ginastas pré e peripúberes exibiam ganhos de DMO muito superiores àqueles que poderiam ser alcançados na idade adulta. Apesar de se ressaltar a influência de vieses devidos à seleção das amostras ou nutrição, sugeriu-se que as respostas de DMO tendem a ser maiores quando o osso é submetido a cargas mecânicas antes do final da puberdade do que depois dela. Foram citados, além disso, estudos com atletas aposentados indicando que o ganho ósseo em adolescentes pode, pelo menos parcialmente, persistir em adultos. Assim, parece que a atividade física durante o período mais ativo da maturação (no que diz respeito ao crescimento longitudinal do corpo) desempenharia um papel vital na otimização do pico de massa óssea e que esses benefícios tendem a se estender à fase adulta. Cabe notar que as respostas da DMO ao exercício parecem ser maiores durante a pré-adolescência [1,5,36]. MacKellvie *et al.* [13] indicaram que o início da puberdade seria um período particularmente sensível para a mineralização óssea devida ao exercício físico. Nas meninas, isso corresponderia, em média, à faixa de 10-12 anos, enquanto nos meninos o estágio de maturação correspondente seria entre 12-14 anos.

Se o pico de DMO ocorre na puberdade, 26% do conteúdo mineral ósseo total acumula-se em um período de apenas dois anos nessa fase da vida [37]. Mudanças na DMO durante a adolescência são sensíveis ao padrão de atividades físicas e uma diminuição nos seus níveis pode ter impacto negativo, reduzindo significativamente o pico de massa óssea [5]. Logo, a puberdade representa uma janela relativamente pequena para que se otimize o efeito das intervenções com atividade física. Crianças ativas podem chegar ao final da adolescência com mineralização óssea 10-15% maior que as fisicamente inativas [5,30]. Evidentemente, isso pode representar uma vantagem na prevenção da osteoporose.

Ginástica artística e densidade mineral óssea

Depreende-se das seções anteriores que manter níveis elevados de atividade física é essencial para preservar a saúde óssea. A influência positiva da prática de exercícios físicos sobre a DMO seria fruto da transmissão de cargas mecânicas ao esqueleto, somando a força gravitacional à tensão muscular nos sítios de inserção ten-

dinosa [1,6,38]. Embora os efeitos do exercício sobre o sistema esquelético ainda não estejam totalmente esclarecidos, os dados da maioria dos estudos sugerem significativa correlação entre a DMO e taxas de atividade física ao longo da vida [1,5,6,24,39].

Durante os estágios iniciais da puberdade, o osso pode ser particularmente responsivo ao suporte de peso e alto impacto do exercício, alcançável em uma variedade de desportos e atividades juvenis, ou sessões de atividades com saltos [5]. Entende-se, portanto, que em termos de saúde óssea os objetivos do exercício físico durante a fase de crescimento relacionam-se com a maximização da DMO. Outros fatores também contribuem com esse propósito, como o aporte de cálcio adequado, mas exercícios que apliquem tensão sobre os ossos são considerados como estratégia isolada mais efetiva [39,40]. Especificamente, a combinação de atividades de alto impacto (como os saltos) com mobilização de cargas relativas elevadas é reconhecida como intervenção ideal [1,5,6,20]. Além disso, a especificidade regional da aposição óssea favorece modalidades que envolvem grande variedade de movimentos [41].

Parece-nos que a ginástica artística se encaixa bem nesse perfil. De fato, alguns movimentos ginásticos podem produzir forças 10-15 vezes superiores à massa corporal [1]. Apenas para ilustrar, um estudo realizado com ginastas durante dois anos revelou aumentos na DMO da ordem de 2-4% durante a fase das competições, com redução de 1% nas fases de transição [42]. Compreende-se, então, porque alguns estudos indicam que ginastas tendem a exibir massa óssea superior àquela de atletas cujo impacto nos membros inferiores é elevado, como é o caso de corredoras [19].

No que tange ao desenvolvimento ósseo e, conseqüentemente, às possibilidades de se atingirem maiores picos de DMO, há evidências consistentes de que a ginástica artística (recreativa ou competitiva) acarreta benefícios desde idades precoces. Mesmo volumes reduzidos de treinamento podem provocar adaptações favoráveis [43]. Gruodyte-Racienne *et al.* [44], por exemplo, demonstraram que crianças de 4 a 6 anos de idade que praticaram ginástica cerca de 1-2 h por semana durante 16 semanas já exibiam propriedades geométricas e arquitetônicas ósseas melhores que crianças não praticantes. Na mesma linha, Zanker *et al.* [45] também demonstraram que meninas e meninos de 7-8 anos de idade que praticavam ginástica há 3-4 anos exibiam maior DMO que crianças não treinadas.

Outro argumento que vem sendo desconstruído diz respeito a possíveis prejuízos ao desenvolvimento do esqueleto em virtude de atrasos na menarca ou ocorrência de oligomenorreia (menstruação irregular) em meninas submetidas aos grandes volumes de treinamento usualmente aplicados na ginástica artística. Um estudo realizado com ex-ginastas suecas de 19 a 23 anos de idade revelou que, apesar de a idade média menarca ter sido dois anos posterior àquela de meninas não praticantes da modalidade, a DMO total e regional revelou-se similar entre os grupos [46].

É fato que crianças e adolescentes que praticam ginástica artística tendem a exibir melhor estrutura óssea do que aquelas engajadas em atividades com menor exigência de força/potência ou tensão longitudinal sobre os ossos. Cassel *et al.* [47] compararam meninas de 7-9 anos que praticavam ginástica, natação e inativas. Cons-

tatou-se que, apesar de mais leves que as meninas nos demais grupos, as ginastas sempre exibiam maior DMO por kg de massa corporal. Maïmoum *et al.* [48] realizaram estudo semelhante, comparando a massa e geometria ósseas em meninas de 10 a 18 anos praticantes de ginástica artística, ginástica rítmica, natação e inativas – novamente, os resultados foram vantajosos para as praticantes de ginástica, principalmente após a menarca. Corroborando esses achados, Burt *et al.* [14] publicaram revisão sistemática sumarizando a literatura acerca do impacto da prática de ginástica artística na saúde esquelética de crianças e adolescentes do sexo masculino. Confirmou-se a tendência dos estudos incluindo meninas, no sentido de que os ginastas exibiram maior DMO e ossos mais largos que os indivíduos não praticantes.

Estudos experimentais ou longitudinais são mais raros, em virtude do difícil controle de variáveis potencialmente intervenientes. Nos poucos ensaios controlados que se conseguiu localizar, Nickols-Richardson *et al.* [49] e Laing *et al.* [50] constataram aumento significativo da DMO em meninas adolescentes após um ano e três anos de prática da modalidade, respectivamente. Em trabalho posterior, Laing *et al.* [51] confirmaram essa tendência em crianças mais novas (4-8 anos de idade), que praticaram ginástica artística recreativa durante 24 meses. Incrementos na DMO total e em diversas regiões corporais ocorreram em comparação com crianças inativas ou que se envolveram com atividades não ginásticas. Os dois estudos longitudinais localizados apresentaram resultados na mesma direção. Bass *et al.* [16] acompanharam durante 12 meses ginastas pré-púberes do sexo feminino (em torno dos 10 anos de idade), observando um incremento na DMO de 30-85% maior do que em meninas que praticavam atividades de menor impacto, principalmente nas regiões corporais expostas a maiores cargas de treinamento. Exupério *et al.* [15] compararam o acréscimo na DMO e geometria/formação ósseas em meninas de 11-16 anos praticantes e não praticantes de ginástica, acompanhadas por 12 meses. Incrementos de 10-19% na massa óssea de diferentes locais foram detectados nas ginastas, mas não no grupo controle.

Exercícios físicos desenvolvidos na fase de crescimento tendem a aumentar o pico da DMO, particularmente quando envolvem níveis elevados de tensão longitudinal sobre os ossos [3,5]. Por isso, o posicionamento oficial do American College of Sports Medicine (ACSM) quanto às relações entre atividade física e osteoporose propõe duas estratégias gerais para aumentar a resistência a fraturas em idades avançadas [1]: a) maximizar o aumento da DMO durante os primeiros 30 anos de vida; b) minimizar a redução da DMO após os 40 anos de idade.

Nesse sentido, novamente a ginástica artística mereceria atenção. Seu perfil é, em geral, associado a alto impacto sobre os ossos e grandes demandas de força, com efeitos positivos sobre a DMO. Em que pesem os poucos estudos disponíveis, pode-se afirmar que a prática da ginástica artística em nível competitivo aumenta as chances de se atingirem picos maiores de DMO. Desde idades precoces, ginastas parecem exibir maior massa óssea do que crianças de idade similar, mesmo que pratiquem outras modalidades desportivas. Contudo, para além dos potenciais efeitos

da ginástica artística na DMO, uma vez que a principal contribuição da atividade física na prevenção da osteoporose situa-se na maximização da DMO na juventude, é importante esclarecer uma questão: a) haveria retenção da DMO atingida ao final do crescimento em ginastas, contribuindo para a redução do risco de osteoporose em idades avançadas?

Pesquisas que tenham examinado a potencial retenção da DMO em ex-praticantes de ginástica artística competitiva são raras. Bass *et al.* [16] compararam ginastas de elite aposentadas com grupo controle pareado pela idade, estatura e massa corporal. A DMO nas ex-ginastas foi 0,5-1,5 desvios-padrão maior que a média das mulheres do grupo controle, em praticamente todos os sítios avaliados. Scerpella *et al.* [52] avaliaram ginastas e não-ginastas em período que compreendeu quatro anos pré e nove anos pós-menarca, observando maior DMO no antebraço (rádio), que permaneceu cerca de quatro anos após a cessação da prática da modalidade. Em estudo subsequente, o mesmo grupo [31] comparou meninas que foram expostas a treinamento substancial de ginástica antes e depois da menarca com não praticantes, seguidas até oito anos após a menarca. Confirmou-se que as cargas aplicadas durante o treinamento trouxeram benefícios na DMO e geometria da arquitetura óssea, que se mantiveram mais elevados do que nas mulheres não praticantes da modalidade.

Avançando um pouco mais, Zanker *et al.* [53] compararam a densidade mineral óssea, total e regional, entre ex-ginastas sedentárias e mulheres que nunca participaram de esportes ou exercícios estruturados, analisando a retenção da DMO nas ex-ginastas. As ex-ginastas tinham descontinuado o treinamento há 3-12 anos e tinham 20-32 anos de idade. Os grupos foram pareados pela idade, massa corporal e estatura. Em geral, as ex-ginastas iniciaram seu treinamento pelo menos três anos antes da menarca e permaneceram treinando por dois anos ou mais após esse período – ao todo, treinaram continuamente por 5-12 anos e pararam entre 14 e 22 anos de idade. As ex-ginastas apresentaram maior DMO que as controles sedentárias em todos os locais de medição. Interessantemente, não houve declínio significativo da DMO em função do tempo de abandono da ginástica. Esses resultados sugeriram que uma massa óssea elevada em ex-ginastas do sexo feminino foi mantida durante o início da idade adulta, apesar da interrupção do treinamento por até 12 anos.

Erlandson *et al.* [54] investigaram se haveria retenção dos benefícios da ginástica durante o crescimento nos parâmetros geométricos do osso adulto, 10 anos após a aposentadoria do desporto. Parâmetros geométricos e densitométricos medidos por tomografia computadorizada no rádio e tíbia foram comparados entre ginastas aposentadas e controles com 22 a 30 anos de idade. Ginastas aposentadas apresentaram área total e conteúdo mineral ósseo trabecular e cortical ajustadas significativamente maiores que as controles, mesmo após 10 anos de abandono da modalidade. O mesmo grupo [55,56] publicou estudos longitudinais em que ginastas de 8 a 15 anos de idade foram medidas e comparadas com não ginastas da mesma idade, sendo reavaliadas 14 anos depois. As ginastas haviam descontinuado o treinamento em média há 10 anos. Comparações ajustadas para idade, estatura, massa corporal e idade da menarca

revelaram que as ginastas exibiam na linha de base massa óssea superior que as não ginastas no corpo inteiro, coluna lombar, quadril e colo do fêmur (da ordem de 12-17%). Dez anos após o abandono dos treinamentos, essas diferenças se mantiveram.

Alguns pouquíssimos estudos avaliaram a possibilidade de retenção da massa óssea atingida por ginastas no período de crescimento, em fase mais tardias da vida adulta. Kirchner *et al.* [18] e Pollock *et al.* [57] determinaram a DMO em ex-ginastas universitárias e as compararam com grupos controle pareados pela idade e massa corporal. Kirchner *et al.* [18] examinaram mulheres pré-menopáusicas com 29 a 45 anos de idade (média 36,5 anos). Embora não tenham informado o tempo que as ex-ginastas haviam deixando de praticar a modalidade, a DMO revelou-se superior no grupo de ex-ginastas em todas as regiões avaliadas, incluindo a coluna lombar, colo do fêmur, triângulo de Ward e corpo inteiro, mesmo quando a influência da atividade física atual total nos últimos 10 anos foi estatisticamente controlada.

Na mesma linha, Pollock *et al.* [57] examinaram a DMO de mulheres que haviam praticado ginástica artística competitiva, também realizando comparações com grupo controle de idade similar (em torno de 45 anos), ambos grupos tendo sido acompanhados por 9 anos. O grupo de ginastas relatou ter iniciado a prática de ginástica em torno dos 10-12 anos de idade, tendo interrompido os treinamentos entre 21-27 anos. As ex-atletas exibiram maior DMO absoluta em todas as regiões avaliadas, apesar de o percentual de declínio ter sido similar entre os grupos.

Esses resultados são promissores em termos do impacto da prática da ginástica artística na juventude sobre a DMO em idades mais avançadas. No entanto, não foi possível localizar estudos similares com pessoas idosas. Isso seria interessante, uma vez que se trata do período em que a osteopenia é mais avançada e a prevalência da osteoporose é, efetivamente, elevada.

Conclusão

As evidências indicam que, ao ser praticada antes do final da puberdade, a ginástica artística pode conferir benefícios residuais na massa óssea durante a vida adulta. Os resultados das pesquisas são claros no sentido de que isso ocorre nos primeiros anos após o período de crescimento. Ainda que a quantidade de estudos seja menor, também há espaço para pensar que a DMO tende a ser maior entre mulheres peri-menopáusicas e homens de meia idade que praticaram ginástica artística competitiva na juventude do que na população em geral de idade equivalente.

No entanto, há carência de estudos que confirmem se tal retenção permanece em indivíduos em que a osteoporose é mais prevalente. Sabe-se que o declínio na DMO se acelera após a menopausa em mulheres e a partir dos 65 anos de idade em homens, mas dados com ex-ginastas nessa faixa etária não puderam ser localizados. Para que se defenda que a prática da ginástica artística na infância/adolescência possa contribuir para a prevenção da osteoporose, estudos são necessários para determinar se níveis biologicamente relevantes de DMO – ou seja, suficientes para reduzir o

risco de fraturas osteoporóticas – seriam mantidos em idosos que praticaram a modalidade de forma competitiva na juventude, em comparação com indivíduos que não o fizeram e com dados de referência na população em geral.

Em caso de confirmação dessa retenção, ficaria reforçada a premissa de que atingir um maior pico de DMO na juventude contribuiria com menor osteopenia em idades avançadas. Desse modo, teríamos reforçada a contribuição de desportos com alto efeito osteogênico na mineralização óssea em longo prazo. No caso específico da ginástica artística, ratificar-se-ia o seu impacto potencial como estratégia de prevenção da osteoporose. Isso é importante para o planejamento de programas de exercícios durante a fase de crescimento e desenvolvimento, incorporando-se objetivos relacionados à saúde óssea ao longo de toda a vida.

Vinculação acadêmica: Este artigo representa parte da Tese de Doutorado de Patrícia Arruda A. Farinatti, orientada pelo Prof. Dr. Paulo Farinatti no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

FAPERJ (E-26/200.817/2021, recipiente PF) e CNPq (303629/2019-3, recipiente PF).

Contribuição dos autores

Concepção do estudo: Farinatti PAA, Farinatti P; **Métodos:** Farinatti PAA, Farinatti P; **Investigação:** Farinatti PAA, Farinatti P; **Recursos:** Farinatti P; **Curadoria de dados:** Farinatti P; **Redação:** Farinatti PAA, Silva NSL, Farinatti P; **Revisão e edição:** Silva NSL, Farinatti P; **Supervisão:** Farinatti P; **Financiamento:** Farinatti P.

Referências

1. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR, American College of Sports M. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(11):1985-96. doi:10.1249/01.mss.0000142662.21767.58
2. Johnell O, Kanis JA. An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 2006;17(12):1726-33. doi:10.1007/s00198-006-0172-4
3. International Osteoporosis Foundation (IOF). IOF Compendium of osteoporosis. Nyon: IOF; 2017
4. Kanis JA, Cooper C, Rizzoli R, Reginster JY. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2019;30(1):3-44. doi:10.1007/s00198-018-4704-5.
5. Min SK, Oh T, Kim SH, Cho J, Chung HY, Park DH *et al.* Position statement: exercise guidelines to increase peak bone mass in adolescents. *J Bone Metab* 2019;26(4):225-39. doi:10.11005/jbm.2019.26.4.225
6. Heaney RP. Achieving the protection of high peak bone mass. *Osteoporos Int* 2016;27(4):1279-80. doi:10.1007/s00198-015-3467-5
7. Heaney RP, Abrams S, Dawson-Hughes B, Looker A, Marcus R, Matkovic V *et al.* Peak bone mass. *Osteoporos Int* 2000;11(12):985-1009. doi:10.1007/s001980070020
8. Hui SL, Slemenda CW, Johnston CC, Jr. The contribution of bone loss to postmenopausal osteoporosis. *Osteoporos Int* 1990;1(1):30-4. doi:10.1007/BF01880413
9. Hernandez CJ, Beaupre GS, Carter DR. A theoretical analysis of the relative influences of peak BMD, age-related bone loss and menopause on the development of osteoporosis. *Osteoporos Int* 2003;14(10):843-7. doi:10.1007/s00198-003-1454-8
10. Clark EM, Ness AR, Bishop NJ, Tobias JH. Association between bone mass and fractures in children: a prospective cohort study. *J Bone Miner Res* 2006;21(9):1489-95. doi:10.1359/jbmr.060601

11. National Institutes for Health. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy, March 7-29, 2000: highlights of the conference. *South Med J* 2001;94(6):569-73
12. Bonjour JP, Chevalley T, Ferrari S, Rizzoli R. The importance and relevance of peak bone mass in the prevalence of osteoporosis. *Salud Publica Mex* 2009;51(Suppl1):S5-17. doi:10.1590/s0036-36342009000700004
13. MacKelvie KJ, Khan KM, McKay HA. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review. *Br J Sports Med* 2002;36(4):250-7; discussion 7. doi:10.1136/bjism.36.4.250
14. Burt LA, Greene DA, Naughton GA. Bone health of young male gymnasts: a systematic review. *Pediatr Exerc Sc* 2017;29(4):456-64. doi:10.1123/pes.2017-0046
15. Exuperio IN, Agostinete RR, Werneck AO, Maillane-Vanegas S, Luiz-de-Marco R, Mesquita EDL *et al.* Impact of artistic gymnastics on bone formation marker, density and geometry in female adolescents: ABCD-Growth Study. *J Bone Metab* 2019;26(2):75-82. doi:10.11005/jbm.2019.26.2.75
16. Bass S, Pearce G, Bradney M, Hendrich E, Delmas PD, Harding A *et al.* Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res* 1998;13(3):500-7. doi:10.1359/jbmr.1998.13.3.500
17. Kirchner EM, Lewis RD, O'Connor PJ. Bone mineral density and dietary intake of female college gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(4):543-9
18. Kirchner EM, Lewis RD, O'Connor PJ. Effect of past gymnastics participation on adult bone mass. *J Appl Physiol* 1996;80(1):226-32. doi:10.1152/jappl.1996.80.1.226
19. Robinson TL, Snow-Harter C, Taaffe DR, Gillis D, Shaw J, Marcus R. Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *J Bone Miner Res* 1995;10(1):26-35. doi:10.1002/jbmr.5650100107
20. Geraldles AAR, Farinatti PTV. Envelhecimento, osteoporose e exercício. In: Farinatti PTV, ed. *Envelhecimento, promoção da saúde e exercício*. Barueri: Manole; 2013. p.38-58.
21. Hall JE. Guyton & Hall Tratado de fisiologia médica. 13 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017.
22. Marcus R, Drinkwater B, Dalsky G, Dufek J, Raab D, Slemenda C *et al.* Osteoporosis and exercise in women. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24(Suppl6):S301-7. doi:10.1249/00005768-199206001-00013
23. Prior JC, Barr SI, Chow R, Faulkner RA. Prevention and management of osteoporosis: consensus statements from the Scientific Advisory Board of the Osteoporosis Society of Canada. 5. Physical activity as therapy for osteoporosis. *CMAJ* 1996;155(7):940-4.
24. Demontiero O, Vidal C, Duque G. Aging and bone loss: new insights for the clinician. *Ther Adv Musculoskelet Dis* 2012;4(2):61-76. doi:10.1177/1759720X11430858
25. Radominski SC, Bernardo W, Paula AP, Albergaria BH, Moreira C, Fernandes CE *et al.* Brazilian guidelines for the diagnosis and treatment of postmenopausal osteoporosis. *Rev Bras Reumatol* 2017;57(Suppl2):452-66. doi:10.1016/j.rbre.2017.07.001
26. Marty E, Liu Y, Samuel A, Or O, Lane J. A review of sarcopenia: enhancing awareness of an increasingly prevalent disease. *Bone* 2017;105:276-86. doi:10.1016/j.bone.2017.09.008
27. Krolner B, Toft B. Vertebral bone loss: an unheeded side effect of therapeutic bed rest. *Clin Sci* 1983;64(5):537-40. doi:10.1042/cs0640537
28. Strobe MA, Nigh P, Carter MI, Lin N, Jiang J, Hinton PS. Physical activity-associated bone loading during adolescence and young adulthood is positively associated with adult bone mineral density in men. *Am J Mens Health* 2015;9(6):442-50. doi:10.1177/1557988314549749
29. Bielemann RM, Domingues MR, Horta BL, Menezes AM, Goncalves H, Assunção MC *et al.* Physical activity throughout adolescence and bone mineral density in early adulthood: the 1993 Pelotas (Brazil) Birth Cohort Study. *Osteoporos Int* 2014;25(8):2007-15. doi:10.1007/s00198-014-2715-4
30. Karlsson MK, Nordqvist A, Karlsson C. Physical activity increases bone mass during growth. *Food Nutr Res* 2008;52. doi:10.3402/fnr.v52i0.1871
31. Scerpella TA, Bernardoni B, Wang S, Rathouz PJ, Li Q, Dowthwaite JN. Site-specific, adult bone benefits attributed to loading during youth: A preliminary longitudinal analysis. *Bone* 2016;85:148-59. doi:10.1016/j.bone.2016.01.020
32. Gunter KB, Almstedt HC, Janz KF. Physical activity in childhood may be the key to optimizing lifespan skeletal health. *Exerc Sport Sci Rev* 2012;40(1):13-21. doi:10.1097/JES.0b013e318236e5ee
33. Witzke KA, Snow CM. Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(6):1051-7. doi:10.1097/00005768-200006000-00003
34. Weeks BK, Young CM, Beck BR. Eight months of regular in-school jumping improves indices of bone strength in adolescent boys and Girls: the POWER PE study. *J Bone Miner Res* 2008;23(7):1002-11. doi:10.1359/jbmr.080226
35. Khan K, McKay HA, Haapasalo H, Bennell KL, Forwood MR, Kannus P *et al.* Does childhood and adolescence provide a unique opportunity for exercise to strengthen the skeleton? *J Sci Med Sport* 2000;3(2):150-64. doi:10.1016/s1440-2440(00)80077-8

36. Haapasalo H, Kannus P, Sievanen H, Pasanen M, Uusi-Rasi K, Heinonen A *et al.* Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *J Bone Miner Res* 1998;13(2):310-9. doi:10.1359/jbmr.1998.13.2.310
37. Bailey DA, Martin AD, McKay HA, Whiting S, Mirwald R. Calcium accretion in girls and boys during puberty: a longitudinal analysis. *J Bone Miner Res* 2000;15(11):2245-50. doi:10.1359/jbmr.2000.15.11.2245
38. 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. doi:10.1359/jbmr.1997.12.2.255
39. Welten DC, Kemper HC, Post GB, Van Mechelen W, Twisk J, Lips P *et al.* Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 1994;9(7):1089-96. doi:10.1002/jbmr.5650090717
40. Myers AM, Beam NW, Fakhoury JD. Resistance training for children and adolescents. *Transl Pediatr* 2017;6(3):137-43. doi:10.21037/tp.2017.04.01
41. Vuori IM. Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(Suppl6):S551-86; discussion 609-10. doi:10.1097/00005768-200106001-00026
42. Snow CM, Williams DP, LaRiviere J, Fuchs RK, Robinson TL. Bone gains and losses follow seasonal training and detraining in gymnasts. *Calcif Tissue Int* 2001;69(1):7-12. doi:10.1007/s00223-001-0014-5
43. Burt LA, Greene DA, Ducher G, Naughton GA. Skeletal adaptations associated with pre-pubertal gymnastics participation as determined by DXA and pQCT: a systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2013;16(3):231-9. doi:10.1016/j.jsams.2012.07.006
44. Gruodyte-Racienne 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(12):2592-600. doi:10.1002/jbmr.1986
45. Zanker CL, Gannon L, Cooke CB, Gee KL, Oldroyd B, Truscott JG. Differences in bone density, body composition, physical activity, and diet between child gymnasts and untrained children 7-8 years of age. *J Bone Miner Res* 2003;18(6):1043-50. doi:10.1359/jbmr.2003.18.6.1043
46. Lindholm C, Hagenfeldt K, Ringertz H. Bone mineral content of young female former gymnasts. *Acta Paediatr* 1995;84(10):1109-12. doi:10.1111/j.1651-2227.1995.tb13507.x
47. Cassell C, Benedict M, Specker B. Bone mineral density in elite 7- to 9-yr-old female gymnasts and swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(10):1243-6. doi:10.1097/00005768-199610000-00006
48. 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(8):1088-98. doi:10.1016/j.metabol.2012.11.010
49. Nickols-Richardson SM, O'Connor PJ, Shapses SA, Lewis RD. Longitudinal bone mineral density changes in female child artistic gymnasts. *J Bone Miner Res* 1999;14(6):994-1002. doi:10.1359/jbmr.1999.14.6.994
50. Laing EM, Massoni JA, Nickols-Richardson SM, Modlesky CM, O'Connor PJ, Lewis RD. A prospective study of bone mass and body composition in female adolescent gymnasts. *J Pediatr* 2002;141(2):211-6. doi:10.1067/mpd.2002.126599
51. Laing EM, Wilson AR, Modlesky CM, O'Connor PJ, Hall DB, Lewis RD. Initial years of recreational artistic gymnastics training improves lumbar spine bone mineral accrual in 4- to 8-year-old females. *J Bone Miner Res* 2005;20(3):509-19. doi:10.1359/JBMR.041127
52. Scerpella TA, Dowthwaite JN, Rosenbaum PF. Sustained skeletal benefit from childhood mechanical loading. *Osteoporos Int* 2011;22(7):2205-10. doi:10.1007/s00198-010-1373-4
53. Zanker CL, Osborne C, Cooke CB, Oldroyd B, Truscott JG. Bone density, body composition and menstrual history of sedentary female former gymnasts, aged 20-32 years. *Osteoporos Int* 2004;15(2):145-54. doi:10.1007/s00198-003-1524-y
54. Erlandson MC, Kontulainen SA, Chilibeck PD, Arnold CM, Faulkner RA, Baxter-Jones AD. Former premenarcheal gymnasts exhibit site-specific skeletal benefits in adulthood after long-term retirement. *J Bone Miner Res* 2012;27(11):2298-305. doi:10.1002/jbmr.1689
55. Erlandson MC, Kontulainen SA, Chilibeck PD, Arnold CM, Faulkner RA, Baxter-Jones AD. Higher premenarcheal bone mass in elite gymnasts is maintained into young adulthood after long-term retirement from sport: a 14-year follow-up. *J Bone Miner Res* 2012;27(1):104-10. doi:10.1002/jbmr.514
56. Erlandson MC, Runalls SB, Jackowski SA, Faulkner RA, Baxter-Jones ADG. Structural strength benefits observed at the hip of premenarcheal gymnasts are maintained into young adulthood 10 years after retirement from the sport. *Pediatr Exerc Sci* 2017;29(4):476-85. doi:10.1123/pes.2017-0039
57. Pollock NK, Laing EM, Modlesky CM, O'Connor PJ, Lewis RD. Former college artistic gymnasts maintain higher BMD: a nine-year follow-up. *Osteoporos Int* 2006;17(11):1691-7. doi:10.1007/s00198-006-0181-3

