



ELSEVIER

# REVISTA PAULISTA DE PEDIATRIA

www.spsp.org.br



## ARTIGO DE REVISÃO

# Fatores que influenciam a massa óssea de crianças e adolescentes saudáveis mensurada pelo ultrassom quantitativo de falanges: revisão sistemática<sup>☆</sup>

Tathiane Krahenbühl\*, Ezequiel Moreira Gonçalves, Eduardo Tavares Costa, Antonio de Azevedo Barros Filho

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

Recebido em 19 de dezembro de 2013; aceito em 5 de março de 2014

### PALAVRAS-CHAVE

Criança;  
Adolescente;  
Falanges dos dedos da  
mão;  
Ultrassonografia;  
Desenvolvimento ósseo;  
Densidade óssea

### Resumo

**Objetivo:** Analisar quais os principais fatores que influenciam na massa óssea de crianças e adolescentes avaliada pelo ultrassom quantitativo (QUS) de falanges.

**Fonte de dados:** Foi realizada revisão sistemática da literatura, de acordo com o método Prisma, com buscas nas bases de dados do Pubmed/Medline, Bireme e Scielo, referente ao período de 2001 a 2012, nos idiomas inglês e português, utilizando os descritores *children, adolescent, ultrasonography finger phalanges, quantitative ultrasound of phalanges, phalangeal quantitative ultrasound*.

**Síntese dos dados:** Foram incluídos 21 artigos. As meninas apresentaram no QUS valores de Amplitude Dependent Speed of Sound (AD-SoS) superiores aos meninos durante o desenvolvimento puberal. Os valores dos parâmetros do QUS de falanges aumentaram com o incremento do estágio maturacional, assim como ocorre com o Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA). Variáveis antropométricas, como idade, peso, estatura, índice de massa corporal (IMC) e massa magra, demonstraram correlações positivas com os valores do QUS de falanges. A atividade física também demonstrou estar positivamente relacionada ao aumento da massa óssea. Fatores como etnia, genética, ingestão calórica e perfil socioeconômico ainda não mostraram relação conclusiva e necessitam um número maior de estudos.

**Conclusões:** O QUS de falanges é um método indicado para avaliar a progressiva aquisição da massa óssea durante o crescimento e a maturação dos indivíduos em fase escolar, por acompanhar as alterações que ocorrem com o aumento da idade e do estágio puberal. Observou-se influência positiva, principalmente das variáveis de sexo, maturação, estatura, peso e IMC, sendo seus dados semelhantes quando comparados ao método padrão-ouro, o DXA.

© 2014 Sociedade de Pediatria de São Paulo. Publicado por Elsevier Editora Ltda.

Este é um artigo Open Access sob a licença de [CC BY-NC-ND](#)

<sup>☆</sup>Estudo conduzido na Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

\*Autor para correspondência.

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

**KEYWORDS**

Children;  
Adolescent;  
Finger phalanges;  
Ultrasonography;  
Bone development;  
Bone density

**Factors that influence bone mass of healthy children and adolescents measured by quantitative ultrasound at the hand phalanges: a systematic review****Abstract**

**Objective:** To analyze the main factors that influence bone mass in children and teenagers assessed by quantitative ultrasound (QUS) of the phalanges.

**Data source:** A systematic literature review was performed according to the PRISMA method with searches in databases Pubmed/Medline, SciELO and Bireme for the period 2001-2012, in English and Portuguese languages, using the keywords: children, teenagers, adolescent, ultrasound finger phalanges, quantitative ultrasound of phalanges, phalangeal quantitative ultrasound.

**Data synthesis:** 21 articles were included. Girls had, in QUS, Amplitude Dependent Speed of Sound (AD-SoS) values higher than boys during pubertal development. The values of the parameters of QUS of the phalanges and dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA) increased with the increase of the maturational stage. Anthropometric variables such as age, weight, height, body mass index (BMI), lean mass showed positive correlations with the values of QUS of the phalanges. Physical activity has also been shown to be positively associated with increased bone mass. Factors such as ethnicity, genetics, caloric intake and socioeconomic profile have not yet shown a conclusive relationship and need a larger number of studies.

**Conclusions:** QUS of the phalanges is a method used to evaluate the progressive acquisition of bone mass during growth and maturation of individuals in school phase, by monitoring changes that occur with increasing age and pubertal stage. There were mainly positive influences in variables of sex, maturity, height, weight and BMI, with similar data when compared to the gold standard method, the DXA.

© 2014 Sociedade de Pediatria de São Paulo. Published by Elsevier Editora Ltda.

Este é um artigo Open Access sob a licença de [CC BY-NC-ND](#)

## Introdução

A infância e a adolescência são períodos importantes para o desenvolvimento do pico de massa óssea, pois é nessa época que ocorre o incremento gradual do tecido ósseo, com predomínio da formação em relação à absorção.<sup>1</sup> Diversos fatores podem influenciar o processo de incremento de massa óssea, como fatores genéticos, hormonais, nutricionais e atividade física.<sup>1,2</sup>

Há vários métodos para avaliar a massa óssea em idades pediátricas, diferentes quanto a técnica e locais avaliados, todos apresentando vantagens e desvantagens. O método considerado padrão-ouro é o Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA),<sup>3</sup> porém tal método é influenciado pelas alterações no tamanho do osso durante o crescimento, podendo tanto subestimar a densidade mineral óssea (DMO) em indivíduos pequenos quanto superestimar em indivíduos maiores, além de não fornecer informações sobre a qualidade do osso.<sup>2</sup> Nos últimos anos, a ultrassonometria quantitativa (QUS) de falanges tem sido um método bastante utilizado por ser uma tecnologia facilmente acessível, de baixo custo, não invasiva, não ionizante e portátil,<sup>4,6</sup> que utiliza como princípio a velocidade do som para avaliar a massa óssea nas falanges proximais da mão, local sensível às mudanças ósseas gerais que ocorrem durante o crescimento<sup>7-9</sup> e sofrem menor influência do tamanho do osso.<sup>9,10</sup>

A compreensão de quais são os fatores que determinam o processo de aquisição durante o período de maturação do tecido ósseo e quais técnicas podem ser utilizadas corretamente para avaliar a massa óssea permite criar estratégias

para a intervenção e a prevenção de alterações e distúrbios nesse tecido, prevenindo precocemente doenças osteogênicas. Entretanto, ainda não são conhecidos quais fatores são mais importantes ou interferem mais nesses períodos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar quais os principais fatores que influenciam a massa óssea de crianças e adolescentes avaliada pelo ultrassom quantitativo de falanges (QUS).

## Método

Este estudo é uma revisão sistemática da literatura sobre o método de ultrassom quantitativo de falanges (QUS) em crianças e adolescentes saudáveis. O método utilizado como referência para a pesquisa foi o Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).<sup>11</sup>

Inicialmente foram buscados artigos na base de dados do Pubmed, do Bireme e do Scielo, entre 2001 e 2012. A busca foi realizada por dois autores (TK e EMG) em momentos diferentes, orientados por um bibliotecário, em inglês e português. Os descritores utilizados para a pesquisa foram: *children, adolescent, ultrasonography finger phalanges, quantitative ultrasound of phalanges, phalangeal quantitative ultrasound*, utilizando *and* ou *or*.

Com base na análise de títulos e resumos, foram identificados 69 artigos nas bases de dados, dos quais 48 foram excluídos e 21 foram incluídos neste estudo. Os critérios para seleção de artigos foram estudos com o QUS de falanges com crianças e/ou adolescentes saudáveis em português ou inglês, de 2001 até a data da pesquisa.

Os critérios para a exclusão de artigos foram: estudos com indivíduos com distúrbios ou doenças (n=33) em outros idiomas que não inglês ou português (n=04), público fora da faixa etária determinada como recém-nascidos e adultos (n=03), com deficiência física (n=01), artigos de revisão (n=01), cartas resposta (n=01) e outros que não atendiam aos critérios de inclusão (n=05), como ilustrado na figura 1.

## Resultados e discussão

As sínteses dos artigos são apresentadas na Tabela 1. Todos os artigos selecionados foram publicados no período de 2001 a 2012. Esses artigos apresentaram relação entre os parâmetros do ultrassom e variáveis como sexo (10), atividade física (01), etnia (02), genética (02), dados antropométricos (21), ingestão calórica (02), perfil socioeconômico (02) e estágio puberal (10).

### Sexo

A maioria dos estudos apresenta medidas da Amplitude-Dependent Speed of Sound (AD-SoS) que mostravam valores superiores para as meninas, quando comparadas aos meninos.<sup>4,5,8,10,12-15</sup> Essas diferenças são encontradas principalmente entre 11 e 16 anos.<sup>4,5,7,8,10,16</sup> Os estudos que compararam o desenvolvimento utilizando o estágio púber também

notaram valores maiores de AD-SoS para o sexo feminino nos estádios II, III, IV<sup>5,10,12</sup> e no estágio V<sup>16</sup> em comparação ao sexo masculino. Além disso, meninas de 11 a 13 anos apresentaram valores superiores de Bone Transmission Time (BTT)<sup>5,14</sup> em comparação com meninos da mesma idade. Entretanto, o sexo masculino apresentou valores superiores do BTT nas idades de seis a oito anos, 15 a 21<sup>14</sup> e aos 18 anos,<sup>10</sup> e, em relação ao desenvolvimento puberal, o sexo masculino obteve superiores valores nos estádios I, II e V.<sup>14</sup>

Em contrapartida, os estudos com DXA apresentam valores superiores de DMO principalmente para o grupo masculino. Os meninos apresentam valores superiores na DMO do colo do fêmur, de corpo inteiro, quadril e braço,<sup>17-20</sup> enquanto as meninas apresentam valores superiores de DMO para a coluna lombar.<sup>18,20</sup> Após o final da fase de crescimento, com o aumento da idade, a curva obtida pelo DXA fica significativamente maior para o sexo masculino, com valores superiores de DMO a partir dos 19 anos.<sup>21</sup>

Foi possível observar que as meninas frequentemente apresentaram valores maiores de AD-SoS em relação aos meninos em idades em que há maior influência da puberdade. Nas idades observadas, normalmente, as meninas encontram-se em fase de desenvolvimento adiantado devido ao início anterior do seu processo de maturação em relação aos meninos,<sup>22-24</sup> o que pode explicar os resultados obtidos pelo ultrassom de falanges, uma vez que esse sítio ósseo é sensível às mudanças de crescimento e maturação.

### Maturação

A avaliação da maturação por meio dos estádios de desenvolvimento puberal é dividida em pré-púber (estádio I), puberdade (estádios II e III) e final da puberdade (estádios IV e V).

A maioria dos estudos demonstrou incremento da massa óssea de acordo com o incremento do estágio puberal. No sexo feminino ocorreu incremento nos valores da AD-SoS em todos os estádios púberes<sup>7,10,14,23</sup> ou em pelo menos de um estágio para o outro.<sup>5,12,24,25</sup> Quanto ao BTT, a maioria dos estudos apresentou incremento em relação a todos os estádios púberes.<sup>5,10,14</sup> No sexo masculino, o AD-SoS aumentou progressivamente com o estágio púber<sup>10,25</sup> ou em algum estágio.<sup>5,7,12,24</sup> O BTT aumentou significativamente em todos os estádios púberes,<sup>10,14</sup> nos estádios de I a IV<sup>5</sup> e na puberdade tardia (estádios IV-V).<sup>24</sup> Apenas dois estudos não encontraram relação entre os estádios puberais e os parâmetros do ultrassom (QUS).<sup>15,26</sup>

Em relação aos estádios maturacionais, os resultados do DXA são bastante parecidos com os do BTT. Os meninos obtêm valores superiores às meninas em todos os estádios puberais para a DMO do corpo total, rádio, quadril e fêmur.<sup>18</sup>

Quando comparados os grupos pelo estágio púber, o sexo feminino demonstrou valores superiores de AD-SoS nos estádios III e IV em relação ao masculino. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de o período da infância e o da adolescência serem marcados por uma grande taxa de formação óssea e, conseqüentemente, de ganho na quantidade do tecido ósseo. Como as falanges são locais mais sensíveis às mudanças hormonais e osteometabólicas gerais,

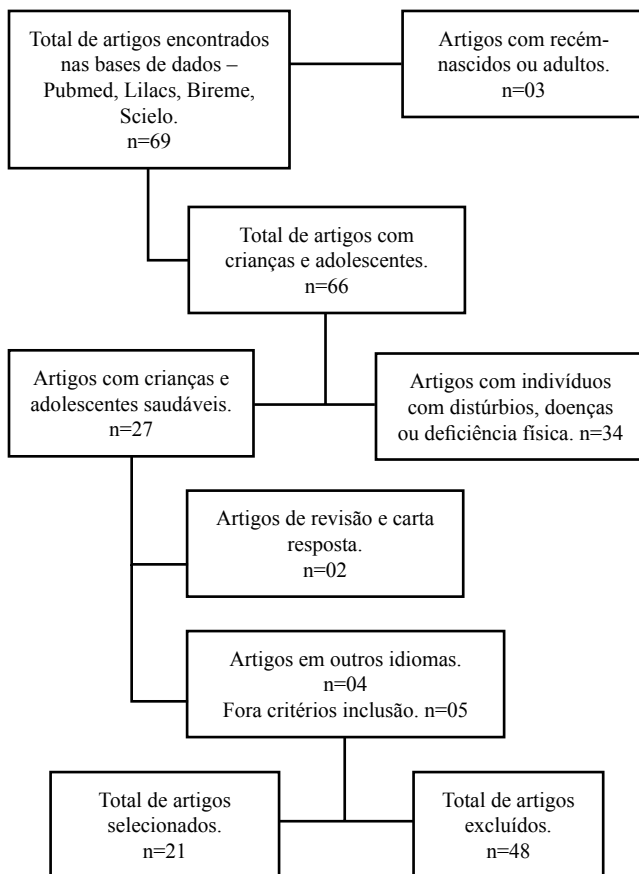


Figura 1 Prisma fluxograma

**Tabela 1** Principais características e resultados dos artigos de ultrassom quantitativo (QUS) de falanges

Estudo	Amostra	Design	Parâmetros	Mão	Resultados
04	1328 alemães (M/F) - 3 a 17 anos	Transversal	AD-SoS BTT	Direita	Ambos aumentaram com idade e estatura. Valores de AD-SoS maiores para sexo feminino.
10	256 libaneses (M/F) 11 a 18 anos	Transversal	AD-SoS BTT	Não Dominante	Aumentaram com idade e estágio púbere, correlação positiva com idade e estatura e massa magra. Maior AD-SoS para o sexo feminino
12	1083 italianos (M/F) 3 a 21 anos	Transversal	AD-SoS	Não dominante	Aumentou com a idade e estágio púbere. Maiores valores para sexo feminino.
13	1020 poloneses (M/F) 7 a 19 anos	Transversal	AD-SoS	Dominante	Aumentou com a idade. Maiores valores para o sexo feminino.
15	245 espanhóis (M/F) 4 a 16 anos	Transversal	AD-SoS	Não dominante	Maiores valores para o sexo feminino. Aumentou com a idade.
05	1227 italianos (M/F) 3 a 16 anos	Transversal	AD-SoS BTT	Não dominante	Aumentaram com a idade e estágio púbere. Maiores valores para o sexo feminino.
08	150 poloneses (M/F) 14 a 19 anos	Transversal	AD-SoS	Dominante	Maiores valores para o sexo feminino. Positivamente correlacionada com idade, estatura e estágio púbere.
14	3044 italianos (M/F) 2 a 21 anos.	Transversal	AD-SoS BTT	Não dominante	Ambos aumentaram com idade, peso, estatura, IMC e estágio púbere. Maior AD-SoS para sexo feminino e BTT para sexo masculino.
16	267 brasileiros (M/F) 8 a 18 anos	Transversal	AD-SoS	Não dominante	Correlação positiva com idade, peso, estatura, IMC, massa magra, circunferência da cintura e circunferência do quadril. Correlação negativa com cintura-quadril.
25	1775 brasileiras (F) 8 a 17 anos	Transversal	AD-SoS BTT	Não dominante	Aumentaram com idade e estágio púbere. Correlação positiva com idade, estatura e estágio púbere.
30	2850 polonesas (F) 7 a 77 anos	Transversal	AD-SoS	Dominante	Aumentou significativo de 11-16 anos. Pico aos 19 anos. De 7-11 anos, idade e estatura positiva e peso negativo. De 12 -19 anos, é dependente da idade.
32	1175 poloneses (M) 7 a 80 anos.	Transversal	AD-SoS	Dominante	Aumento significativo após 13 anos. Correlação com peso e estatura. De 14-28 anos altamente dependente da idade.
38	106 gêmeos Monozigóticos (M/F) 5 a 71 anos	Transversal	AD-SoS, UBPI SDy, BTT	Não dominante	Idade e estatura são preditores das diferenças entre os pares.
31	Gêmeos poloneses (83 mono e dizigóticos) (M/F) 15 a 23 anos	Transversal	AD-SoS	Dominante	Correlação mais forte com gêmeos monozigóticos. Diferença intrapares influenciado pela idade.
35	226 caratecas e 44 sedentários poloneses (M) 8 a 62 anos	Transversal	AD-SoS T-Score Z-Score	Dominante	Maiores valores para os caratecas.
26	38 pré-termos e 50 termo poloneses (M/F) 9 a 11 anos	Transversal	AD-SoS	Dominante	Não houve diferenças estatísticas entre os grupos.
40	1356 brasileiros (M/F) 6 a 11 anos	Transversal	AD-SoS	Não dominante	Aumentou com a idade. Maiores valores para meninas brancas.
23	1356 brasileiros (M/F) 6 a 11 anos	Transversal	AD-SoS UBPI	Não dominante	Aumentaram com a idade e estágio púbere. Ambos maiores para meninas brancas do que negras. UBPI maior para meninos brancos do que negros.
33	50 fraturas e 154 sem fraturas, austríacos (M/F) 8 a 12 anos	Transversal	SOS	Dominante	Menor valor para o grupo com fratura. No controle, valores maiores para o sexo feminino.
24	662 italianos (M/F) 03 a 16 anos	Longitudinal	AD-SoS BTT	Não dominante	Aumentaram com a idade e estágio púbere. Sexo masculino maiores valores na puberdade tardia.
07	269 poloneses (M/F) 7 a 12 anos	Longitudinal	AD-SoS	Dominante	Maiores valores para o sexo feminino. Aumentou significativamente após 1 ano. Aumentou com o estágio púbere.

AD-SoS, Amplitude Dependent Speed of Sound; UBPI, Ultrasound Bone Profile Index; BTT, Bone Transmission Time; SDy, Dynamics of ultrasound signal

por terem grande quantidade de tecido ósseo trabecular,<sup>16</sup> o fato de as meninas estarem maturacionalmente adiantadas pode influenciar diretamente os resultados encontrados nos estudos com QUS de falanges.

Os resultados do ultrassom são semelhantes aos encontrados pelo DXA quando comparados os estádios maturacionais entre indivíduos do mesmo sexo. A DMO aumenta progressivamente entre os estádios maturacionais em ambos os sexos nos diferentes sítios analisados, como coluna lombar, fêmur e corpo inteiro,<sup>19,20,27-29</sup> corroborando os resultados do QUS. Ou seja, os dados indicam que o desenvolvimento puberal é um dos fatores que interferem na massa óssea, além de relacionar-se positivamente com idade, peso, estatura e IMC, confirmando que o desenvolvimento e o incremento da massa óssea estão diretamente associados aos aspectos maturacionais e de crescimento.

Os estudos também demonstraram que, após o período de incremento do pico de massa óssea, os meninos apresentaram valores superiores dos parâmetros do ultrassom, indicando maior quantidade de massa óssea para o sexo masculino, assim como demonstrado por estudos que utilizam o DXA.

### Antropometria e composição corporal

Estudos demonstraram que tanto o AD-SoS quanto o BTT aumentaram progressivamente com a idade e a estatura em ambos os sexos.<sup>4,10,12-14,23,25,30</sup> Os estudos relatam também uma correlação positiva entre o AD-SoS e as variáveis antropométricas, como peso e estatura,<sup>4,13,15,16,25,31-33</sup> IMC,<sup>15,16</sup> largura média dos dedos,<sup>12</sup> circunferência da cintura e do quadril,<sup>16</sup> massa corporal magra,<sup>10,15</sup> massa gorda, índice de massa gorda e porcentagem de gordura corporal.<sup>16</sup> O BTT mostrou correlação positiva com idade, peso, estatura, IMC<sup>5,14,25</sup> e massa magra.<sup>10</sup> Da mesma forma, os estudos que analisaram a relação entre DMO, avaliada em vários sítios utilizando o DXA e os parâmetros antropométricos (idade, peso, estatura, IMC), observaram correlação positivas em ambos os sexos,<sup>19,21,27</sup> observando-se que a massa magra exerce influência na DMO da coluna lombar<sup>20</sup> e se relaciona com a DMO de braços e pernas em ambos os sexos.<sup>34</sup>

### Atividade física

Apenas um estudo encontrou que os valores de AD-SoS, T-Score e Z-Score foram significativamente maiores para os homens que praticavam caratê, e o AD-SoS relacionou-os positivamente ao tempo e à frequência semanal de treinamento.<sup>35</sup>

Em estudo semelhante, utilizando o DXA, o grupo de atletas de lutas obteve valores maiores de DMO de corpo inteiro, coluna lombar, pernas e braços do que o grupo sedentário.<sup>34</sup> Quando avaliada a prática de atividade física e a massa óssea por DXA, nota-se que a atividade física tem correlação positiva com a DMO do colo do fêmur, quadril e de corpo inteiro.<sup>29</sup> Pesquisas realizadas com crianças e adolescentes atletas sugerem que o exercício físico está positivamente associado aos resultados da DMO dos indivíduos.<sup>36,37</sup>

Devido aos poucos estudos existentes que tratam da avaliação do ultrassom (QUS) com a atividade física, não há como estabelecer parâmetros em relação aos dados apresentados. Logo, são necessários mais estudos envolvendo a prática de atividade física e a avaliação do ultrassom de falanges (QUS) para elucidar a confiabilidade de sua utilização.

### Genética

Foram encontradas duas pesquisas envolvendo fatores genéticos. Drozdowska *et al*<sup>31</sup> e Guglielmi *et al*<sup>38</sup> encontraram que as diferenças entre os pares de gêmeos monozigóticos e dizigóticos são influenciadas principalmente pelos fatores ambientais e pelo estilo de vida, e que o AD-SoS aumentou significativamente com a idade para ambos os sexos. Os autores também observaram que o coeficiente de correlação do AD-SoS intrapares é mais forte nos pares monozigóticos do que nos dizigóticos.

Quando utilizado o DXA, são encontrados resultados semelhantes, havendo maior correlação da DMO entre os gêmeos monozigóticos e menor correlação entre pais e filhos, demonstrando que 51-76% da variação na DMO é hereditária.<sup>39</sup> Mais estudos são necessários em relação aos fatores genéticos, uma vez que as pesquisas com esse enfoque demonstraram haver afinidade genética em relação à massa óssea em gêmeos monozigóticos e dizigóticos, com diferenças preditas pelas variáveis antropométricas.

### Etnia

Na questão envolvendo classificação étnica, dois estudos mostraram diferenças entre os grupos classificados como negros ou brancos. Quando divididos em negros e brancos, independentemente do sexo, o grupo negro mostrou valores menores de AD-SoS. Quando divididos por etnia e sexo, as meninas brancas tiveram valores maiores de AD-SoS do que os outros três grupos (meninos brancos, meninos negros e meninas negras). Os meninos brancos apresentaram valores superiores de AD-SoS em comparação aos meninos negros.<sup>23,40</sup>

De encontro aos resultados do QUS de falanges, Fonseca *et al*<sup>27</sup> observou correlação negativa da DMO com a pigmentação da pele em meninas adolescentes. Contudo, os autores relatam que essa correlação é equivocada devido a grande diversidade da população brasileira. Outro estudo mostrou que indivíduos brancos, não hispânicos, têm maior chance de fratura do que indivíduos não brancos, com valores menores de DMO de corpo inteiro, coluna lombar, antebraço e fêmur. Além disso, estudos demonstram valores de DMO significativamente maiores em meninos negros, comparados aos brancos.<sup>41,42</sup>

Adicionalmente em pesquisas com DXA, notou-se que asiáticos contavam com valores mais baixos de DMO do que caucasianos da mesma idade e sexo.<sup>43</sup> Entretanto, as diferenças encontradas nos resultados podem estar mais relacionadas a fatores hereditários e ambientais, uma vez que os estudos foram realizados em países e grupos étnicos



diferentes e grande diversidade na herança genética das populações, impossibilitando comparações.

### Perfil socioeconômico

Dois estudos investigaram o perfil socioeconômico, porém a classificação foi utilizada como descrição do grupo, não havendo análises em relação aos parâmetros do QUS de falanges e o perfil socioeconômico.<sup>16,23</sup> Com isso, sugere-se a realização de mais estudos utilizando o QUS de falanges para avaliar a massa óssea nos diferentes perfis socioeconômicos, uma vez que os resultados obtidos com o método do DXA mostraram que grupos de nível socioeconômico inferior tiveram valores menores da DMO, quando comparados com níveis socioeconômicos mais elevados.<sup>18</sup>

### Ingestão de nutrientes

Dois estudos observaram a relação entre a ingestão calórica e a relação com os parâmetros do QUS de falanges. Dib *et al*<sup>10</sup> avaliaram o consumo de cálcio e vitamina D e não encontraram correlação significativa entre consumo de cálcio e os parâmetros de ultrassom em ambos os sexos. Lavado-Garcia *et al*<sup>15</sup> mostraram que o AD-SoS foi negativamente correlacionado ao consumo de cálcio, ferro, magnésio, relação cálcio/proteína nas meninas, não havendo associação entre ingestão de nutrientes e parâmetros do ultrassom nos meninos.

Apesar de a alimentação exercer grande influência na saúde óssea dos indivíduos, ainda são poucos os estudos que investigam a relação da ingestão calórica e os parâmetros do QUS de falanges, e, devido a pequena quantidade, sugere-se mais estudos nessa área.

### Limitações e conclusões

A primeira limitação relevante é que os estudos incluídos nesta revisão sistemática são, em sua maioria, transversais, sendo apenas dois longitudinais, com acompanhamento de um e dois anos. Além disso, os estudos diferem em relação à dominância do membro avaliado e apresentam número diferente de sujeitos avaliados, o que pode ser um viés nos achados encontrados pelos diversos estudos.

Apesar das limitações acima descritas, pode-se concluir que o QUS de falanges é um método indicado para avaliar a progressiva aquisição da massa óssea durante o crescimento e maturação dos indivíduos em fase escolar, por acompanhar as alterações que ocorrem com o aumento da idade e do estágio puberal. Observou-se influência positiva principalmente das variáveis de sexo, maturação, estatura, peso e IMC, sendo seus dados semelhantes quando comparados ao método padrão-ouro, o DXA. Contudo, ainda é pequeno o número de estudos que comparam os dois métodos. A literatura científica é escassa quanto a atividade física, níveis hormonais, etnia, genética e ingestão calórica, e, por isso, não é possível esclarecer a influência desses fatores e os parâmetros do QUS de falanges. Além disso, ainda são poucos os estudos comparando os métodos do

QUS e do DXA, não esclarecendo a diferença de resultados encontrados quando comparados os parâmetros de massa óssea em relação ao sexo.

Apesar das vantagens já descritas do QUS de falanges, e mesmo sendo um método acessível, de baixo custo, não invasivo e portátil, ainda são necessários mais estudos quanto a sua utilização na avaliação óssea regular de crianças e adolescentes.

### Agradecimentos

À Faculdade de Ciências Médicas, à Universidade Estadual de Campinas e ao Laboratório de Crescimento e Composição Corporal, pelo apoio acadêmico, e à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) (Processo n° 2011/23460-1), pelo suporte financeiro a um dos autores (E.M.G.).

### Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

### Referências

1. Mora S, Gilsanz V. Establishment of peak bone mass. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2003;32:39-63.
2. Binkley TL, Berry R, Specker BL. Methods for measurement of pediatric bone. *Rev Endocr Metab Disord* 2008;9:95-106.
3. International Atomic Energy Agency - IAEA [homepage on the Internet]. Viena: Dual energy x-ray absorptiometry for bone mineral density and body composition assessment. IAEA Human Health Series [cited 2013 July 28]. Available from: <http://www.iaea.org/Publications/index.html>
4. Barkmann R, Rohrschneider W, Vierling M, Tröger J, de Terlizzi F, Cadossi R *et al*. German pediatric reference data for quantitative transverse transmission ultrasound of finger phalanges. *Osteoporos Int* 2002;13:55-61.
5. Vignolo M, Brignone A, Mascagni A, Ravera B, Biasotti B, Aicardi G. Influence of age, sex and growth variables on phalangeal quantitative ultrasound measures: a study in health children and adolescent. *Calcif Tissue Int* 2003;72:681-8.
6. Ianneta O. Osteoporose: uma ex-enfermidade silenciosa. Ribeirão Preto: Tecmedd; 2006.
7. Halaba ZP. Quantitative ultrasound measurements at hand phalanges in children and adolescents: a longitudinal study. *Ultrasound Med Biol* 2008;34:1547-53.
8. Halaba ZP, Konstantynowicz J, Pluskiewicz W, Kaczmarski M, Piotrowska-Jastrzebska J. Comparison of phalangeal ultrasound and dual energy x-ray absorptiometry in health male and female adolescents. *Ultrasound Med Biol* 2005;31:1617-22.
9. Duarte SB, Carvalho WR, Gonçalves EM, Ribeiro RR, Farias ES, Magro D de O *et al*. Preliminary comparison between phalangeal quantitative ultrasonography and bone densitometry for bone mass evaluation in adolescents. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2012;56:19-24.
10. Dib L, Arabi A, Maalouf J, Nabulsi M, Eil-Hajj GF. Impact of anthropometric, lifestyle, and body composition variables on ultrasound measurements in school children. *Bone* 2005;36:736-42.
11. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsch PC, Loannidis JP *et al*. The prisma statement for reporting systematic

- reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Plos Med* 2009;6:1-28.
12. Baroncelli G, Federico G, Bertelloni S, De Terlizzi F, Cadossi R, Saggese G. Bone quality assessment by quantitative ultrasound of proximal phalanges of the hand in healthy subjects aged 3-21 years. *Pediatr Res* 2001;49:713-8.
  13. Halaba ZP, Pluskiewicz W. Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status in children and adolescents. *Ultrasound Med Biol* 2004;30:239-43.
  14. Baroncelli GI, Federico G, Vignolo M, Valerio G, del Puente A, Maghnie M *et al.* Cross-sectional reference data for phalangeal quantitative ultrasound from early childhood to young-adulthood according to gender, age, skeletal growth, and pubertal development. *Bone* 2006;39:159-73.
  15. Lavado-Garcia JM, Calderon-Garcia JF, Moran JM, Canal-Macias ML, Rodriguez-Dominguez T, Pedrera-Zamorano JD. Bone mass of Spanish school children: impact of anthropometric, dietary and body composition factors. *J Bone Miner Metab* 2012;30:193-201.
  16. Carvalho WR, Gonçalves EM, Ribeiro RR, Farias ES, Carvalho SSP, Guerra-Junior G. Influence of body composition on bone mass in children and adolescents. *Rev Assoc Med Bras* 2011;57:662-7.
  17. Baxter-Jones AD, Mirwald RL, McKay HA, Bailey DA. A longitudinal analysis of sex differences in bone mineral accrual in health 8-19 year old boys and girls. *Ann Hum Biol* 2003;30:160-75.
  18. Arabi A, Nabulsi M, Maalou J, Choucair M, Khalifé H, Vieth R, El-Hajj GF. Bone mineral density by age, gender, pubertal stages, and socioeconomic status in health Lebanese children and adolescents. *Bone* 2004;1169-79.
  19. Lee SH, Desai SS, Shetty G, Song HR, Lee SH, Hur CY *et al.* Bone mineral density of proximal femur and spine in Korean children between 2 and 18 years of age. *J Bone Miner Metab* 2007;25:423-30.
  20. Ausili E, Rigante D, Savaggio E, Focarelli B, Rendeli C, Ansuini V *et al.* Determinants of bone mineral density, bone mineral content and body composition in a cohort of health children: influence of sex, age puberty and physical activity. *Rheumatol Int* 2012;32:2737-43.
  21. Wu XP, Yang YH, Zhang H, Yuan LQ, Luo XH, Cao XZ *et al.* Gender differences in bone density at different skeletal sites of acquisition with age in Chinese children and adolescents. *J Bone Miner Metab* 2005;23:253-60.
  22. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. *Crescimento, maturação e atividade física*. 2<sup>nd</sup> ed. São Paulo: Phorte; 2009.
  23. Ribeiro RR, Guerra-Junior G, Barros-Filho AA. Bone mass in school children in Brazil: the effect of racial miscegenation, pubertal stage, and socioeconomic differences. *J Bone Miner Metab* 2009;27:494-501.
  24. Vignolo M, Parodi A, Mascagni A, Torrisi C, de Terlizzi F, Aicardi G. Longitudinal assessment of bone quality by quantitative ultrasonography in children and adolescents. *Ultrasound Med Biol* 2006;32:1003-10.
  25. Santos KD, Petroski EL, Ribeiro RR, Guerra-Junior G. Bone quantity and quality in Brazilian female schoolchildren and adolescents. *J Bone Miner Metab* 2009;27:507-12.
  26. Halaba ZP, Bursa J, Kaplon UK, Pluskiewicz W, Marciniak S, Drzewiecka U. Phalangeal quantitative ultrasound measurements in former pre-term children aged 9-11 years. *Br J Radiol* 2007;80:401-5.
  27. Fonseca RM, de Oliveira RJ, Pereira RW, França NM. Bone mineral density associated with physical traits and lifestyle in adolescents. *Rev Bras Med Esp* 2012;18:381-4.
  28. Maïmoun L, Coste O, Jausse A, Mariano-Goulart D, Sultan C, Paris F. Bone mass acquisition in female rhythmic gymnasts during puberty: no direct role for leptin. *Clin Endocrinol* 2010;72:604-11.
  29. Yilmaz D, Ersoy B, Bilgin E, Gümüşer G, Onur E, Pinar ED. Bone mineral density in girls and boys at different pubertal stages: relation with gonadal steroids, bone formation markers, and growth parameters. *J Bone Miner Metab* 2005;23:476-82.
  30. Drozdowska B, Pluskiewicz W, Halaba Z, Misiolek H, Beck B. Quantitative ultrasound at the hand phalanges in 2850 females aged 7 to 77 yr: a cross-sectional study. *J Clin Densitom* 2005;8:216-21.
  31. Drozdowska B, Pluskiewicz W, de Terlizzi T. Quantitative ultrasound at the hand phalanges in monozygotic twins: a preliminary report. *Ultrasound Med Biol* 2002;28: 1153-6.
  32. Drozdowska B, Pluskiewicz W. Skeletal status in males aged 7-80 years assessed by quantitative ultrasound at the hand phalanges. *Osteoporos Int* 2003;14:295-300.
  33. Schalamon J, Singer G, Schwantzer G, Nierosvaara Y. Quantitative ultrasound assessment in children with fractures. *J Bone Miner Res* 2004;19:1276-79.
  34. Nasri R, Zrour SH, Rebai H, Najjar MF, Neffeti, F, Bergaoui N, Mejdoub H, Tabka Z. Grip strength is a predictor of bone mineral density among adolescent combat sport athletes. *J Clin Densitom* 2013;16:92-7.
  35. Drozdowska B, Münzer U, Adamczyk P, Pluskiewicz W. Skeletal status assessed by quantitative ultrasound at the hand phalanges in karate training males. *Ultrasound Med Biol* 2011;37:214-9.
  36. Silva CC, Teixeira AS, Goldberg TB. Sport and its implications on the bone health of adolescent athletes. *Rev Bras Med Esp* 2003;9:433-8.
  37. Cadore EL, Brentano MA, Kruel LF. Effects of the physical activity on the bone mineral density and bone remodeling. *Rev Bras Med Esp* 2005;11:373-9.
  38. Guglielmi G, de Terlizzi F, Torrente I, Mingarelli R, Dallapiccola B. Quantitative ultrasound of the hand phalanges in a cohort of monozygotic twins: influence of genetic and environmental factors. *Skeletal Radiol* 2005;34:727-35.
  39. Park JH, Song YM, Sung J, Lee K, Kim YS, Park YS. Genetic influence on bone mineral density in Korean twins and families: the healthy twin study. *Osteoporos Int* 2012;23:1343-9.
  40. Ribeiro RR, Santos-Ribeiro D, Guerra-Junior G, Barros-Filho AA. Comparison of bone quantity by ultrasound measurements of phalanges between white and black children living in Paraná, Brazil, with Europeans. *Braz J Med Biol Res* 2010;43:976-81.
  41. Bell NH, Shary J, Stevens J, Garza M, Gordon L, Edwards J. Demonstration that bone mass is greater in black than in white children. *J Bone Miner Res* 1991;6:719-23.
  42. Nelson DA, Simpson PM, Johnson CC, Baroness DA, Kleerekoper M. The accumulation of whole body skeletal mass in third- and fourth-grade children: effects of age, gender, ethnicity, and body composition. *Bone* 1997;20:73-8.
  43. Cauley JA, Lui LY, Stone KL, Hillier TA, Zmuda JM, Hochberg M, Beck TJ, Ensrud KE. Longitudinal study of changes in hip bone mineral density in Caucasian and African-American woman. *J Am Geriatr Soc* 2005;53:183-9.