



## ARTIGO ORIGINAL

# Does height catch-up in schoolchildren have an effect on bone mass in adolescents? Analysis in a Brazilian birth cohort<sup>☆,☆☆</sup>



Livia dos Santos Rodrigues <sup>ID</sup> <sup>a,\*</sup>, Rosângela F.L. Batista <sup>ID</sup> <sup>a</sup>, Vanda M.F. Simões <sup>ID</sup> <sup>a</sup>,  
Marizélia R.C. Rodrigues <sup>ID</sup> <sup>b</sup>, Marco A. Barbieri <sup>ID</sup> <sup>c</sup>, Heloísa Bettiol <sup>ID</sup> <sup>c</sup>  
e Antonio A.M. da Silva <sup>ID</sup> <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Departamento de Saúde Pública, São Luís, MA, Brasil

<sup>b</sup> Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Departamento de Medicina III, São Luís, MA, Brasil

<sup>c</sup> Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Departamento de Puericultura e Pediatria, Ribeirão Preto, SP, Brasil

Recebido em 22 de janeiro de 2018; aceito em 15 de maio de 2018

### KEYWORDS

Growth;  
Height;  
Bone density;  
Cohort studies;  
Propensity scores

### Abstract

**Objective:** To analyze the effect of height catch-up at school age on the bone mass of adolescents of a Brazilian birth cohort.

**Methods:** A cohort study using data obtained from the three moments (birth, 7/9 years and 18/19 years of age) of the Cohorts-RPS study. Height catch-up was defined based on the difference between the schoolchild's z-score and birth z-score. The adolescents' bone mineral mass was analyzed using the z-score index for the lumbar spine measured by dual emission X-ray absorptiometry. A theoretical model was developed for the proposed analysis using directed acyclic graphs paired through the nearest-neighbor matching propensity score using the STATA software, version 14.0. The level of significance was set at 5%.

**Results:** Of the 297 studied children, 24.5% achieved height catch-up. The bone mass below the expected for age was observed in 5.39% of the subjects. The mean lumbar spine z-score was  $-0.34 (\pm 1.01)$ . After the adjustment, no effect was observed between height catch-up at school age and bone mass in adolescents (Coeff = 0.598; 95% CI  $-0.117$  to  $1.313$ ;  $p = 0.101$ ).

**Conclusion:** Even using the directed acyclic graphs and the causal inference method by adjusting the propensity score, the height catch-up did not seem to affect bone mass in adolescents, a result perhaps related to the sample size.

© 2018 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

DOI se refere ao artigo:

<https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2018.05.015>

<sup>☆</sup> Como citar este artigo: Rodrigues LS, Batista RF, Simões VM, Rodrigues MR, Barbieri MA, Bettiol H, et al. Does height catch-up in schoolchildren have an effect on bone mass in adolescents? Analysis in a Brazilian birth cohort. J Pediatr (Rio J). 2019;95:607–13.

<sup>☆☆</sup> Trabalho vinculado ao Departamento de Saúde Pública, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [livia.s.r@hotmail.com](mailto:livia.s.r@hotmail.com) (L.S. Rodrigues).

**PALAVRAS-CHAVE**

Crescimento;  
Estatura;  
Densidade óssea;  
Estudos de coortes;  
Pontuação de propensão

## **Catch-up de estatura em escolares tem efeito sobre massa óssea em adolescentes? Análise em uma coorte brasileira de nascimento**

**Resumo**

**Objetivo:** Analisar o efeito do *catch-up* de estatura na idade escolar na massa óssea em adolescentes em uma coorte brasileira de nascimento.

**Métodos:** Estudo de coorte, utilizando dados dos três momentos (nascimento, aos 7/9 anos e 18/19 anos) da pesquisa Coortes-RPS. *Catch-up* de estatura foi definida a partir da diferença entre o Z-score do escolar e Z-score do nascimento. Para a análise da massa óssea em adolescentes foi utilizado o índice Z-score da coluna lombar medido pela densitometria por dupla emissão de raio X. Para análise proposta, foi construído modelo teórico usando os gráficos acíclicos direcionados e pareado por escore de propensão do tipo vizinho mais próximo utilizando o *software* STATA versão 14.0. O nível de significância adotado foi de 5%.

**Resultados:** Das 297 crianças, 24,58% realizaram o *catch-up* estatural. Massa óssea abaixo do esperado para a idade foi de 5,39%. O Z-score médio da coluna lombar foi  $-0,34 (\pm 1,01)$ . Após ajuste, não foi observado efeito entre *catch-up* de estatura na idade escolar e massa óssea no adolescente (Coef = 0,598; IC 95%  $-0,117-1,313$ ;  $p=0,101$ ).

**Conclusão:** Mesmo com os gráficos acíclicos direcionados e o método de inferência causal por ajuste do escore de propensão, o *catch-up* de estatura parece não afetar a massa óssea em adolescentes, resultado talvez relacionado ao tamanho da amostra.

© 2018 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introdução**

O processo de mineralização óssea inicia-se na vida intrauterina e estende-se da infância até o início da idade adulta. No entanto, é durante a infância e a adolescência que ocorre o maior crescimento e desenvolvimento do tecido ósseo, esses períodos são fundamentais para aquisição de massa óssea.<sup>1,2</sup>

O aumento do acúmulo da massa óssea está diretamente relacionado a menor risco de fraturas e osteoporose no futuro e é sensível à influência de múltiplos fatores modificáveis e não modificáveis.<sup>3</sup> Determinantes que ocorrem nos períodos da gestação e primeira infância podem afetar os valores de massa mineral óssea na adolescência, é possível que o *catch-up* de estatura na infância também possa ter efeitos na massa óssea.

Evidências de estudos em animais sugerem que o *catch-up* de estatura ocorra devido, em grande parte, a um atraso na senescência na placa de crescimento.<sup>4,5</sup> Dessa forma, após um período de inibição do crescimento, essas placas mantêm uma maior capacidade de proliferação dos condrócitos, são menos senescentes e, portanto, mostram uma taxa de crescimento maior do que o esperado para a idade, resultam no *catch-up* de estatura.<sup>6</sup>

Apesar dessa hipótese mais recente de que o aumento da proliferação de condrócitos com conseqüente crescimento principalmente dos ossos longos geraria *catch-up*, ainda são inconclusivos os possíveis efeitos desse processo sobre massa óssea em longo prazo, aponta que tanto o crescimento em estatura na infância pode associar-se à massa mineral óssea na vida adulta<sup>7</sup> como pode indicar que o *catch-up* não influencia a massa mineral óssea.<sup>8</sup>

Assim, este estudo objetivou analisar o efeito do *catch-up* de estatura na idade escolar sobre a massa óssea em adolescentes pertencentes a uma coorte brasileira de

nascimento feita em São Luís-MA. A hipótese é que possa trazer efeitos benéficos sobre a massa óssea em adolescentes.

**Métodos**

Estudo de coorte, com informações da pesquisa "Determinantes ao longo do ciclo vital da obesidade, precursores de doenças crônicas, capital humano e saúde mental – Coortes RPS", desenvolvida pela Universidade Federal do Maranhão, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Universidade Federal de Pelotas e financiado pelo Departamento de Ciência e Tecnologia. Para este estudo foram usados os dados de São Luís (MA).

**População e coleta de dados**

Essa coorte tem três momentos:

**Momento 1 - Nascimento**

O estudo perinatal da Coorte de São Luís (SL) foi iniciado ao nascimento em dez hospitais públicos e privados da cidade, de março de 1997 a fevereiro de 1998. A amostra, de base populacional, incluiu 96,3% dos nascimentos do período, excluiu os nascimentos não hospitalares e os nascimentos em hospitais onde ocorriam menos de 100 partos por ano. Usou-se amostragem sistemática com estratificação proporcional de acordo com o número de nascimentos em cada maternidade, de um em cada sete partos. O total de 2.541 nascimentos hospitalares incluiu mulheres residentes em São Luís, nascidos vivos, natimortos e partos únicos e múltiplos. Excluíram-se partos múltiplos e natimortos e a amostra final totalizou 2.443 nascimentos. As perdas devido

a recusa ou impossibilidade de localizar a mãe ocorreram em 5,8% dos casos.<sup>9</sup>

### Momento 2 – Idade escolar

A coorte de São Luís foi seguida aos 7/9 anos por meio de delineamento complexo de amostragem, em 2005/06, com o uso da variável peso ao nascer para definir a amostra necessária para a avaliação na idade escolar.<sup>10</sup>

Para a investigação do *catch-up* de estatura, foi calculado o Z-score do comprimento ao nascer para a idade gestacional por meio de um aplicativo do *Internacional Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century (Intergrowth 21st)*<sup>11</sup> e o Z-score da altura na idade escolar foi calculado com o uso como referência das curvas de crescimento da Organização Mundial da Saúde.<sup>12</sup>

A variável *catch-up* de estatura na idade escolar foi definida a partir da diferença entre o Z-score do escolar e o Z-score do nascimento, com o uso da definição proposta por Ong et al.,<sup>13</sup> que consiste em definir como *catch-up* uma mudança de Z-score  $\geq 0,67$ . Foram consideradas como crescimento normal aquelas crianças cujas mudanças nos Z-scores dos índices antropométricos estudados estiveram entre  $-0,669$  e  $0,669$ . Ao definir *catch-up* como a diferença entre o Z-score de altura do escolar e o Z-score de comprimento do nascimento, das 805 crianças seguidas foram excluídas aquelas em que o comprimento ao nascer for ignorado, total de 691 crianças.

### Momento 3 – Adolescência

Em 2015, esses participantes foram convidados a retornar para nova avaliação aos 18/19 anos. Para localizá-los foram desenvolvidas duas estratégias: busca no alistamento militar (apenas para os meninos) e nas escolas (tanto para os meninos quanto para as meninas). Para a busca nas escolas, foi feita a localização dos participantes a partir do censo escolar de 2014 com a comparação do nome da mãe, da data de nascimento e do nome do participante (para aqueles que vieram em 2005/2006) e do nome da mãe e da data de nascimento do participante (para aqueles que não vieram no seguimento).

De janeiro a novembro de 2016, esses adolescentes foram agendados para fazer a avaliação, total de 659. Nessa etapa, foram investigadas, entre outras, as condições de nutrição, composição corporal, origem de doenças crônicas complexas, doenças mentais, situação socioeconômica e demográfica, renda, hábitos de vida e habilidades cognitivas por meio de equipamentos como Bodpod e absorciometria de emissão dupla de raios X (DXA), exames laboratoriais e questionários estruturados e validados.

Para a análise da massa óssea neste trabalho foi usado o Z-score da coluna lombar (L1-L4), fornecido pelo equipamento DXA Lunar GE, calibrado diariamente. Nessa avaliação, o participante, com roupa padrão, deitava na cama anexa ao aparelho e era feito um *scanner* do corpo inteiro, da coluna e do fêmur. O adolescente não poderia usar objetos metálicos ou pinos/placas nos ossos. Esse aparelho mede a diferença entre a densidade mineral óssea do paciente e a densidade mineral óssea média da população de mesma idade, sexo e etnia. Adolescentes com Z-score igual ou abaixo de  $-2,0$  DP (desvio-padrão) foram

considerados “abaixo da faixa esperada para a idade”.<sup>14</sup> Porém, para análise estatística foi usado o Z-score contínuo.

Neste estudo foi necessária a avaliação dos indivíduos que participaram dos três momentos, pois eram necessários o comprimento ao nascer, a altura aos 7/9 anos e a massa óssea na adolescência, total de 297 adolescentes.

### Modelo teórico, variáveis e análise estatística

Inicialmente foram feitas análises descritivas para obtenção das frequências absolutas e relativas para variáveis categóricas.

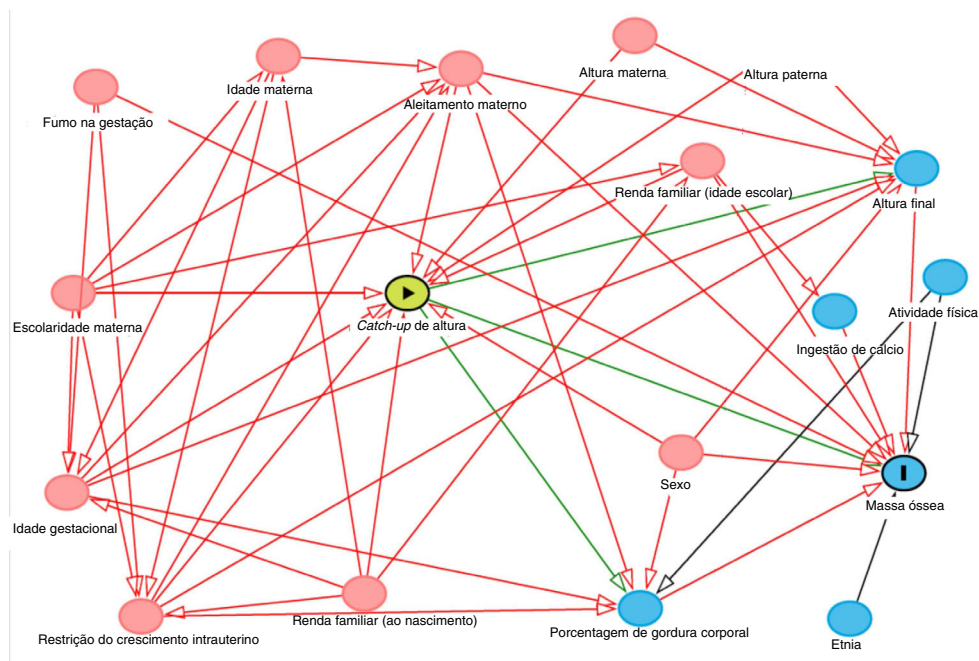
Para analisar o efeito do *catch-up* estatural em escolares e massa óssea em adolescentes, foi construído modelo teórico com os gráficos acíclicos direcionados, do inglês *Directed Acyclic Graphs* (DAG), gerados com auxílio do *software* DAGitty versão 3.0.<sup>15</sup> Os DAGs são diagramas causais que permitem ao pesquisador visualizar a pergunta de estudo, estabelecer pressupostos causais entre variáveis, definir um conjunto mínimo de variáveis para estimar o efeito da exposição no desfecho, controlar o confundimento e evitar ajustes desnecessários.<sup>16</sup>

Neste estudo, com base na literatura, o modelo propõe representar graficamente a influência do *catch-up* de estatura na idade escolar sobre a massa óssea na adolescência, conforme a [figura 1](#).

O conjunto para ajuste mínimo necessário indicado pelo DAG, a fim de controlar confundimento, foi composto pelas variáveis:

- Momento 1 - Nascimento
- Tabagismo na gestação: sim ou não
- Sexo da criança: feminino ou masculino
- Idade gestacional imputada em meses
- Restrição do crescimento intrauterino, definido por Kramer et al.<sup>17</sup> com base na razão de peso ao nascimento calculado pelo aplicativo *The Internacional Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century (Intergrowth 21st)*,<sup>11</sup> equivalente à razão entre o peso do RN e a média de peso para IG. Segundo Kramer et al.<sup>17</sup> a razão de peso ao nascimento  $\geq 0,85$  foi definida como sem restrição do crescimento intrauterino (RCIU) e razão de peso ao nascimento  $< 0,85$  foi definida como RCIU
- Idade escolar
- Renda familiar em salários mínimos: menor do que um, de um a menos do que quatro e quatro ou mais
- Alturas materna e paterna: variáveis contínuas (metros)
- A amamentação exclusiva até o sexto mês: sim ou não, obtida a partir do tempo de amamentação e idade da introdução da alimentação complementar.

A indicação dessas variáveis para ajuste mínimo ocorreu baseada no critério da porta de trás, o qual considera a necessidade de ajuste para uma variável que é causa comum a outras duas, em um determinado caminho causal, e não indica ajuste para uma variável colisora, aquela causadora por outras duas, em um mesmo caminho causal. Por meio do princípio de porta de trás, ajustes equivocados e desnecessários são evitados nas análises de dados, o que poderia levar a erros de estimativa.<sup>15,18,19</sup>



**Figura 1** Modelo teórico elaborado pelos autores do tipo vizinho mais próximo da associação entre *catch-up* de estatura e massa óssea.

Optou-se pelo método de inferência causal para a esta análise em busca de uma maior aproximação da causalidade, bem como a finalidade de eliminar o viés relacionado a diferenças nas distribuições das variáveis nos grupos expostos e não expostos. Esse método possibilita ainda comparar situações diferentes no mesmo indivíduo, ele é avaliado tanto como tratado (exposto) como não tratado (não exposto), visto que os dados e as estimativas observados (factuais) contribuem para estimar aqueles não observados (contrafactuais).<sup>20</sup>

Usou-se a técnica de pareamento por escore de propensão do tipo *vizinho mais próximo*, na qual o indivíduo tratado é pareado com o controle que tiver o escore de propensão mais próximo através da rotina *nnmatch* do comando *teffects*. Pareamento por escore de propensão foi usado para remover viés de seleção associado com diferenças nas distribuições das covariáveis no grupo daqueles que sofreram *catch-up* e aqueles que não sofreram. Para cada criança foi atribuído um peso ou uma propensão de estar no grupo. De acordo com Rosenbaum e Rubin,<sup>21</sup> o escore de propensão é a probabilidade condicional de receber um tratamento dadas as características preestabelecidas, visto que tanto em amostras grandes como em pequenas é comprovada sua eficiência para remover o viés originado das variáveis observadas.<sup>22</sup>

Após a obtenção da estimativa de efeito causal, foi verificado o balanceamento por meio da rotina *tebalance summ*, para checar se o equilíbrio entre os grupos (tratados e não tratados) foi atingido, ou seja, se as variáveis preditoras apresentaram diferenças padronizadas iguais ou próximas a zero e taxas de variâncias iguais ou próximas a um. O nível de significância adotado foi de 5%. Todas as análises foram feitas no *software* Stata 14.0.

O projeto atende aos critérios da Resolução n° 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares. Os

entrevistados foram convidados a participar da pesquisa. Ao concordar, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foi facultada a desistência sem qualquer prejuízo para o entrevistado e sua família em qualquer etapa da pesquisa. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário (UFMA) sob parecer número 1.302.489.

## Resultados

Dos participantes que retornaram no seguimento aos 18/19 anos, 73 (24,58%) passaram por *catch-up* de estatura na infância; 16 adolescentes (5,39%) apresentaram massa óssea abaixo do esperado para a idade. O Z-score médio da coluna lombar foi  $-0,34 (\pm 1,01)$ .

As características gestacionais e socioeconômicas maternas e as características das crianças pertencentes à coorte de acordo com a massa óssea estão descritas na [tabela 1](#).

Na análise não ajustada houve associação entre *catch-up* de estatura na idade escolar e a massa óssea na adolescência (Coef = 0,35; IC 95% 0,085–0,617;  $p = 0,010$ ) ([tabela 2](#)).

Após pareamento por escore de propensão para as variáveis propostas pelos modelos teóricos dos DAG, não foi observado efeito entre *catch-up* de estatura na idade e massa óssea (Coef = 0,598; IC 95%  $-0,116$ – $0,313$ ;  $p = 0,101$ ) ([tabela 2](#)). Isso sugere que, após o pareamento e a remoção das diferenças em relação à altura do pai, altura da mãe, idade gestacional imputada, restrição de crescimento intrauterino, sexo da criança, tabagismo na gestação e renda familiar na idade escolar, parece não haver efeito do *catch-up* de estatura na infância sobre a massa óssea de coluna lombar na idade adulta jovem. Foi avaliado o balanceamento entre os grupos ([tabela 3](#)).

**Tabela 1** Características maternas e dos participantes e massa óssea da Coorte RPS, São Luís (MA), 2017

Variáveis	Massa óssea			
	Adequada para idade		Abaixo do esperado	
	N	%	n	%
<i>Catch-up</i>				
Não	212	94,64	12	5,36
Sim	69	94,52	4	5,48
<i>Aleitamento materno exclusivo</i>				
Sim	119	92,97	9	7,03
Não	131	94,93	7	5,07
<i>Fumo durante a gestação</i>				
Não	271	94,76	15	5,24
Sim	10	90,91	1	9,09
<i>Restrição de crescimento intrauterino</i>				
Não restrito	246	94,98	13	5,02
Restrito	35	92,11	3	7,89
<i>Renda familiar na idade escolar (salários mínimos)</i>				
4 salários ou mais	22	95,65	1	4,35
1 a 4 salários	191	93,63	13	6,37
Até 1 salário	57	100,00	0	0,00
<i>Sexo</i>				
Masculino	144	91,72	13	8,28
Feminino	137	97,86	3	2,14

**Tabela 2** Efeito não ajustado e ajustado do efeito do *catch-up* de estatura na idade escolar sobre a massa óssea na adolescência, São Luís, 2017

	Não ajustado			Ajustado		
	Coef.	IC (95%)	p-valor	Coef.	IC (95%)	p-valor
<i>Catch-up</i>	0,351	0,085–0,617	0,010	0,598	–0,117–1,313	0,101

Coef, coeficiente; IC, intervalo de confiança.

Nota: Técnica de pareamento por escore de propensão.

**Tabela 3** Diferenças padronizadas e taxas de variâncias brutas e ajustadas no balanceamento dos grupos, São Luís (MA), 2017

Variáveis	Diferenças padronizadas		Taxas de variâncias	
	Bruta	Ajustada	Bruta	Ajustada
<i>Altura materna</i>	0,1	0,2	1,2	0,8
<i>Altura paterna</i>	0,1	0,2	1,9	1,1
<i>Aleitamento materno exclusivo</i>				
Não	0,1	–0,0	1,0	1,0
<i>Fumo durante a gestação</i>				
Sim	–0,0	0,0	0,9	1,0
<i>Restrição de crescimento intrauterino</i>				
Restrito	0,8	0,1	5,3	1,3
<i>Idade gestacional imputada</i>	0,5	0,4	0,7	0,7
<i>Renda familiar na idade escolar (salários mínimos)</i>				
1 a 4 salários	–0,1	0,0	1,0	0,9
Até 1 salário	–0,1	–0,0	0,9	0,9
<i>Sexo</i>				
Feminino	0,3	0,1	1,0	1,0

## Discussão

No presente estudo, a análise de dados mostrou que provavelmente não há efeito do *catch-up* de estatura na massa óssea dos adolescentes ( $p=0,101$ ). Acredita-se que esse resultado no limiar da significância seja devido ao tamanho da amostra, sobretudo no grupo tratado (73 participantes). Outra possível explicação seria o fato de analisar uma amostra jovem, o que dificulta perceber possíveis efeitos. Porém, embora jovens, 16 (5,39%) participantes foram considerados indivíduos com massa óssea abaixo do esperado para a idade, chegaram ao Z-score de  $-2,9$  na coluna lombar.

Apesar da perda nos seguimentos, o uso do pareamento por escore de propensão foi considerado um ponto forte deste estudo por promover a redução de vieses associados com diferenças nas distribuições das covariáveis no grupo de tratados e não tratados através do emprego da técnica de inferência causal.

Destaca-se também o fato de a massa óssea ter sido avaliada pelo DXA, considerado padrão-ouro. Além disso, a saúde óssea durante os primeiros anos de vida, assim como na puberdade, é determinante importante da massa óssea em idades mais avançadas e essa avaliação precoce foi possível neste estudo.

Estudos que relacionam a adolescência e a saúde dos ossos têm conquistado cada vez mais evidência em pesquisas internacionais. O período da infância e da adolescência é caracterizado por taxa de formação óssea muito importante, com predomínio da formação sobre a reabsorção; na idade adulta, esses processos estabilizam e, a partir dos 45-50 anos, ocorre predomínio da reabsorção óssea, principalmente no sexo feminino.<sup>23</sup>

Apesar de estudos indicarem associação entre o *catch-up* na infância e desfechos adversos na idade adulta,<sup>24</sup> o presente estudo, numa amostra de adolescentes, obteve resultado concordante ao feito por Leunissen et al.<sup>8</sup> em uma coorte de 312 adultos jovens, que também não achou associação entre *catch-up* de estatura e massa óssea na idade adulta. Os autores demonstraram, por meio de regressão linear, que os indivíduos que nasceram pequenos para a idade gestacional (PIG), com posterior *catch-up* que resultou em altura normal na idade adulta, não apresentaram diferenças nos parâmetros de massa óssea quando comparados com os indivíduos nascidos adequados para a idade gestacional (AIG), que alcançaram altura normal (controles).

Ay et al.<sup>25</sup> também não observaram associação entre *catch-up* de estatura com a massa óssea do corpo todo (OR = 0,7; IC 95% 0,25–1,76) e da coluna lombar (OR = 0,7; IC 95% 0,26–1,81) em estudo de coorte feito na Holanda com o objetivo de examinar a associação entre características familiares, do nascimento, do período pós-natal e padrões de crescimento na vida fetal e infância com a massa óssea medida através do DXA em 252 crianças em seis meses.

No entanto, Fewtrell et al.,<sup>7</sup> ao estudar crescimento, conteúdo e densidade mineral óssea, mostraram uma associação do crescimento substancial de altura ocorrido entre o nascimento e o acompanhamento de recém-nascidos pré-termo com maior massa óssea. Eles também demonstraram que o comprimento é um forte preditor de massa óssea,

isso sugere que o aprimoramento do crescimento linear precoce pode ser benéfico para a saúde óssea.

Com resultado semelhante ao anterior, Mikkola et al.,<sup>26</sup> ao examinar a área óssea, o conteúdo mineral ósseo e a densidade mineral óssea em 178 mulheres na idade adulta em uma coorte de Helsinque, mostraram, por meio de modelos de regressão linear, que o crescimento em altura antes dos sete anos foi associado ao conteúdo mineral ósseo no colo do fêmur ( $p<0,01$ ) e também ao conteúdo mineral ósseo na coluna vertebral ( $p<0,05$ ). Concluíram que o aprimoramento da altura nas meninas é importante para obter esqueleto maior e conseqüentemente maior massa óssea.

Resultados como esses reforçam a hipótese levantada neste estudo, de que a melhoria do crescimento linear em crianças pode ser importante para maximizar a massa óssea. Apesar de não termos investigado dosagem hormonal, é possível que o hormônio do crescimento, GH e fator de crescimento insulina-símile tipo 1 (IGF-1), importantes na manutenção da massa óssea e determinantes do crescimento ósseo longitudinal, da maturação esquelética e da aquisição de massa óssea durante a infância, adolescência e na vida adulta,<sup>27–30</sup> possam também participar desse processo por meio de sua ação sobre a proliferação e diferenciação dos condrócitos na placa de crescimento dos ossos longos,<sup>31</sup> processo que levaria ao *catch-up*.

Ainda que a osteoporose seja uma doença da idade adulta, ela deve ser prevenida e monitorada, promover-se a saúde óssea durante toda infância e a adolescência. Ao pediatra caberia a orientação sobre a importância de hábitos de vida saudáveis e atividade física, com o objetivo de garantir que a criança e o adolescente desenvolvam adequada massa óssea, prevenir agravo.<sup>32</sup> Embora não tenhamos encontrado efeito significativo do *catch-up* de estatura na infância sobre a massa óssea na coluna lombar em uma amostra de adolescentes no nordeste do país, ressalta-se que este é um dos primeiros estudos brasileiros a investigar essa temática, sugere que novas pesquisas sejam feitas.

## Financiamento

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão (Fapema) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

1. Hovi P, Andersson S, Järvenpää AL, Eriksson JG, Strang-Karlsson S, Kajantie E, et al. Decreased bone mineral density in adults born with very low birth weight: a cohort study. *PLoS Med.* 2009;6:e1000135.
2. Ordoñez AM. Relação entre densidade mineral óssea, estado nutricional e níveis plasmáticos de vitamina D em crianças e adolescentes com fibrose cística [dissertação]. Universidade Federal do Paraná; 2014.
3. Bielemann RM. Atividade física em diferentes fases da vida, massa mineral óssea e perfil lipídico em adultos pertencentes à

- Coorte de Nascimentos de Pelotas de 1982 [tese]. Universidade Federal de Pelotas; 2013.
4. Gafni RI, Weise M, Robrecht DT, Meyers JL, Barnes KM, De-Levi S, et al. Catch-up growth is associated with delayed senescence of the growth plate in rabbits. *Pediatr Res*. 2001;50:618–23.
  5. Nilsson O, Baron J. Impact of growth plate senescence on catch-up growth and epiphyseal fusion. *Pediatr Nephrol*. 2005;20:319–22.
  6. Emons JA, Boersma B, Baron J, Wit JM. Catch-up growth: testing the hypothesis of delayed growth plate senescence in humans. *J Pediatr*. 2005;147:843–6.
  7. Fewtrell M, Prentice A, Cole T, Lucas A. Effects of growth during infancy and childhood on bone mineralization and turnover in preterm children aged 8–12 years. *Acta Paediatr*. 2000;89:148–53.
  8. Leunissen RW, Stijnen T, Boot AM, Hokken-Koelega AC. Influence of birth size and body composition on bone mineral density in early adulthood: the PROGRAM study. *Clin Endocrinol*. 2008;69:386–92.
  9. De Silva AA, Coimbra LC, Silva RA, Alves MT, Lamy Filho F, Lamy ZC, et al. Perinatal health and mother-child health care in the municipality of São Luís Maranhão State, vol. 17. Brazil: *Cad Saude Publica*; 2001. p. 1413–23.
  10. Silva AA, Barbieri MA, Cardoso VC, Batista RF, Simões VM, Vianna EO, et al. Prevalence of non-communicable diseases in Brazilian children: follow-up at school age of two Brazilian birth cohorts of the 1990's. *BMC Public Health*. 2011;11:486.
  11. Villar J, Ismail LC, Victora CG, Ohuma EO, Bertino E, Altman DG, et al. International standards for newborn weight, length, and head circumference by gestational age and sex: the Newborn Cross-Sectional Study of the INTERGROWTH-21st Project. *Lancet*. 2014;384:857–68.
  12. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007;85:660–7.
  13. Ong KK, Ahmed ML, Emmett PM, Preece MA, Dunger DB. Association between postnatal catch-up growth and obesity in childhood: prospective cohort study. *BMJ*. 2000;320:967–71.
  14. Brandão CM, Camargos BM, Zerbini CA, Plapler PG, Mendonça LM, Albergaria BH, et al. Posições oficiais 2008 da Sociedade Brasileira de Densitometria Clínica (SBDens). *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2009;53:107–12.
  15. Textor J, Hardt J, Knüppel S. DAGitty: a graphical tool for analyzing causal diagrams. *Epidemiology*. 2011;22:745.
  16. Greenland S, Pearl J, Robins JM. Causal diagrams for epidemiologic research. *Epidemiology*. 1999;37:48.
  17. Kramer MS, Platt R, McNamara H, Usher RH. Are all growth-restricted newborns created equal(ly)? *Pediatrics*. 1999;103:599–602.
  18. Elwert F. Graphical causal models. In: *Handbook of causal analysis for social research*. Springer; 2013. p. 245–73.
  19. Werneck GL. Causal diagrams: back to the future for Brazilian epidemiology. *Cad Saude Publica*. 2016;32:e00120416.
  20. Hernán MA, Robins JM. Using big data to emulate a target trial when a randomized trial is not available. *Am J Epidemiol*. 2016;183:758–64.
  21. Rosenbaum PR, Rubin DB. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*. 1983;70:41–55.
  22. D'Agostino RB. Tutorial in biostatistics: propensity score methods for bias reduction in the comparison of a treatment to a non-randomized control group. *Stat Med*. 1998;17:2265–81.
  23. Silva CC, Goldberg TB, Teixeira AS, Dalmas JC. Bone mineralization among male adolescents: critical years for bone mass gain. *J Pediatr (Rio J)*. 2004;80:461–7.
  24. Nobili V, Alisi A, Panera N, Agostoni C. Low birth weight and catch-up-growth associated with metabolic syndrome: a ten year systematic review. *Pediatr Endocrinol Rev*. 2008;6:241–7.
  25. Ay L, Jaddoe VW, Hofman A, Moll HA, Raat H, Steegers EA, et al. Foetal and postnatal growth and bone mass at 6 months: the Generation R Study. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2011;74:181–90.
  26. Mikkola TM, Von Bonsdorff MB, Osmond C, Salonen MK, Kajantie E, Cooper C, et al. Childhood growth predicts higher bone mass and greater bone area in early old age: findings among a subgroup of women from the Helsinki Birth Cohort Study. *Osteoporos Int*. 2017;28:1–6.
  27. Monson JP, Drake WM, Carroll PV, Weaver JU, Rodriguez-Arno J, Savage MO. Influence of growth hormone on accretion of bone mass. *Horm Res*. 2002;58:552–6.
  28. Bex M, Bouillon R. Growth hormone and bone health. *Horm Res*. 2003;60:80–6.
  29. Baroncelli GI, Bertelloni S, Sodini F, Saggese G. Acquisition of bone mass in normal individuals and in patients with growth hormone deficiency. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2003;16:S327–35.
  30. Giustina A, Mazziotti G, Canalis E. Growth hormone, insulin-like growth factors, and the skeleton. *Endocr Rev*. 2008;29:535–59.
  31. Nelson's. *Textbook of pediatrics*. 18th ed. Elsevier Inc.; 2007. p. 2291–2.
  32. Pires MM. Prevenção na infância da osteoporose. *Revista Médica de Minas Gerais*. 2011;21:S1–144.