



O exercício físico potencializa ou compromete o crescimento longitudinal de crianças e adolescentes? Mito ou verdade?*

Carla Cristiane da Silva¹, Tamara Beres Lederer Goldberg², Altamir dos Santos Teixeira³ e Inara Marques⁴

RESUMO

A sociedade atual tem valorizado de forma significativa a aparência alta e esbelta. Essa constituição física tem sido reforçada desde a infância e atinge a população adolescente, que deseja enquadrar-se nos estereótipos, particularmente aqueles veiculados pela mídia. Nesse sentido, profissionais de saúde são questionados rotineiramente sobre os efeitos positivos que o exercício físico exerce sobre o crescimento longitudinal de crianças e adolescentes. Procurou-se revisar a literatura especializada a respeito dos principais efeitos que o exercício físico exerceria sobre a secreção e atuação do hormônio de crescimento (GH) nos diversos tecidos corporais, durante a infância e adolescência. Através dessa revisão, foi possível verificar que o exercício físico induz a estimulação do eixo GH/IGF-1. Embora muito se especule quanto ao crescimento ósseo ser potencializado pela prática de exercícios físicos, não foram encontrados na literatura científica específica estudos bem desenvolvidos que forneçam sustentação a essa afirmação. No tocante aos efeitos adversos advindos do treinamento físico durante a infância e adolescência, aparentemente, esses foram independentes do tipo de esporte praticado, porém resultantes da intensidade do treinamento. A alta intensidade do treinamento parece ocasionar uma modulação metabólica importante, com a elevação de marcadores inflamatórios e a supressão do eixo GH/IGF-1. Entretanto, é importante ressaltar que a própria seleção esportiva, em algumas modalidades, recruta crianças e/ou adolescentes com perfis de menor estatura, como estratégia para obtenção de melhores resultados, em função da facilidade mecânica dos movimentos. Através dessa revisão, fica evidente a necessidade de realização de estudos longitudinais, nos quais os sujeitos sejam acompanhados antes, durante e após sua inserção nas atividades esportivas, com determinação do volume e da intensidade dos treinamentos, para que conclusões definitivas relativas aos efeitos sobre a estatura final possam ser emanadas.

* Apoio FAPESP: processo nº 04/07007-1.

1. Mestranda em Pediatria pelo Programa de Pós-Graduação em Pediatria da Faculdade de Medicina de Botucatu – Unesp, Bolsista CNPq.
2. Professora Assistente Doutora do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina de Botucatu – Unesp. Disciplina de Medicina do Adolescente.
3. Professor Assistente do Departamento de Doenças Tropicais e Diagnóstico por Imagem da Faculdade de Medicina de Botucatu – Unesp.
4. Professora Adjunta Doutora do Departamento de Fundamentos da Educação Física – Universidade Estadual de Londrina. Disciplina de Crescimento e Desenvolvimento Motor.

Recebido em 10/8/04. 2ª versão recebida em 10/11/04. Aceito em 17/11/04.

Endereço para correspondência: Prof^a Tamara Beres Lederer Goldberg, Departamento de Pediatria, Disciplina de Medicina do Adolescente – Unesp – 18607-918 – Botucatu, SP, Brasil. Tels.: (14) 3811-6274/3811-6083, e-mail: tamara@fmb.unesp.br

Palavras-chave: Crescimento físico. Exercício físico. Crianças. Adolescentes.

Palabras-clave: Crecimiento físico. Ejercicio físico. Niños. Adolescentes.

RESUMEN

El ejercicio potencializa o compromete el crecimiento longitudinal de los niños y los adolescentes ¿Mito o verdad?

La sociedad actual tiene valorado significativamente la apariencia alta y esbelta. Esta constitución física ha sido reforzada desde la infancia e involucra a la población adolescente que desea encuadrar en estos estereotipos, particularmente en aquellos vinculados a la Media. En este sentido, los profesionales de la salud son continuamente consultados sobre los efectos positivos que el ejercicio físico ejerce sobre el crecimiento longitudinal de los niños y de los adolescentes. Se procura así revisar la literatura respecto a los dos principales efectos que el ejercicio físico ejercería sobre la secreción y la actuación de la hormona de crecimiento (GH) en los diversos tejidos corporales durante la infancia y la adolescencia. A través de esta revisión fue posible verificar que el ejercicio físico induce una estimulación del eje GH/IGF-1. Ahora bien, lo mucho se especula en cuanto al crecimiento óseo pueda ser potencializado por la práctica de ejercicios físicos no ha sido encontrado en la literatura científica estudios bien desarrollados que fortalezcan esta presunción y la afirmen. No obstante a los efectos adversos resultantes del entrenamiento físico durante la infancia y la adolescencia aparentemente este fue independiente del tipo de deporte practicado, y pueden resultar de la intensidad del entrenamiento. Una alta intensidad de entrenamiento parece ocasionar una modulación metabólica importante, como es la elevación de los marcadores inflamatorios y la supresión del eje GH/IGF-1. Entretanto, es importante resaltar que la propia selección deportiva, en algunas modalidades, recluta niños y/o adolescentes con perfiles de menor estatura, como estrategia para la obtención de mejores resultados, en función de la facilidad mecánica de los movimientos. A través de esta revisión, queda evidente la necesidad de la realización de estudios longitudinales, donde los sujetos sean acompañados antes, durante y después de su inserción en las actividades deportivas, con determinación del volumen y de la intensidad de los entrenamientos, para que las conclusiones definitivas relativas a los efectos sobre la estatura final, puedan ser definidas.

INTRODUÇÃO

A aparência corporal tem recebido grande destaque e valorização na sociedade atual. A busca de uma imagem corporal muitas vezes idealizada pelos pais, mídia, grupos sociais e pelos próprios adolescentes, por vezes, desencadeia comportamentos que podem comprometer a saúde. Entre os vários estereótipos existentes, a busca pela aparência alta e esbelta é normalmente reforçada desde a infância.

Com relação à estatura final adulta, é comum a preocupação dos pais quando observam que seus filhos são menores do que

seus primos ou colegas da escola, de mesma idade e sexo. Nesse contexto, os profissionais de saúde são questionados sobre os efeitos positivos que o exercício físico exerce sobre o crescimento longitudinal de crianças e adolescentes. A frase “*Faça um esporte para crescer mais*” é comumente proferida, embora, não esteja claro se essa afirmativa contém uma verdade científica.

Entre os esportes, destaca-se a natação, que, de acordo com o senso comum, é o esporte mais adequado para potencializar o crescimento longitudinal, provavelmente por ser uma atividade de carga ativa com reduzido impacto⁽¹⁾, seguida por atividades de alongamento igualmente “famosas” pela mesma atuação.

Para Georgopoulos *et al.*⁽²⁾, enquanto o exercício físico moderado estimula o crescimento, o treinamento físico extenuante representa um estresse capaz de atenuar o crescimento físico, sendo esse efeito resultante mais da intensidade e duração do treino do que propriamente do tipo de exercício praticado. Se por um lado existem dúvidas sobre a veracidade dos efeitos desses exercícios sobre a estatura final do indivíduo, por outro lado, está claro que o exercício físico pode induzir aumentos significativos do hormônio de crescimento (GH) na circulação⁽³⁻⁵⁾, evento também detectado em crianças e adolescentes⁽⁶⁾.

O GH tem efeitos biológicos diversos no decorrer da vida, conduzindo ao estímulo do crescimento somático durante a infância e adolescência e contribuindo de forma significativa no fornecimento energético, atuando no metabolismo glicídico, protéico e lipídico^(5,7), além de agir sobre uma composição corporal saudável na vida adulta.

A partir desses indicativos, uma leitura aprofundada e organizada foi conduzida, especialmente sobre os potenciais efeitos sobre o crescimento longitudinal de crianças e adolescentes vinculados a programas de exercícios físicos sistematizados. Procurou-se, diante disso, revisar a literatura especializada a respeito dos principais efeitos do exercício físico sobre a secreção e atuação do GH nos tecidos corporais durante essa época da vida. Para tanto, a perspectiva será responder à seguinte questão: Atividades esportivas estimulam o crescimento longitudinal dos ossos ou podem ocasionar prejuízo no crescimento linear de crianças e adolescentes?

AÇÕES HORMONAIS NO CRESCIMENTO DURANTE A INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA

O crescimento físico é caracterizado pelo somatório de fenômenos celulares, biológicos, bioquímicos e morfológicos, cuja interação é efetuada através de um plano predeterminado geneticamente e influenciado pelo meio ambiente^(8,9).

Entre os aspectos ambientais, recebe destaque a nutrição que, conjugada a fatores hormonais e genéticos, promove a proliferação da cartilagem de crescimento e o alongamento linear dos ossos⁽⁹⁾.

O expressivo crescimento longitudinal durante a puberdade engloba três distintos fenômenos, que se revelam seqüencialmente. São eles: o **estirão do crescimento** com duração aproximada de dois a três anos, caracterizado por velocidade de crescimento reduzida durante a fase pré-puberal, crescimento com velocidade acelerada, conhecido como pico máximo de velocidade de crescimento (PHV), e uma fase de cessação do crescimento, os quais contribuem com mais de 20% na estatura final adulta; a **rápida aquisição de conteúdo mineral ósseo**, reconhecida como pico de massa óssea, em que o processo de formação sobrepuja o de reabsorção óssea e que se apresenta como um incremento linear durante a infância e exponencial na segunda década de vida, com maior intensidade entre 13 e 17 anos, sendo assinalados como anos críticos para o evento aqueles compreendidos entre 14 e 15 anos de idade; e o **processo de maturação esquelética**, que se encerra com o fechamento epifisário^(1,8,10-12).

O GH, conhecido também como somatotrofina, é o peptídeo produzido em maior quantidade pela hipófise anterior, exercendo

papel de destaque no crescimento ósseo e dos tecidos moles^(13,14). Esse hormônio é secretado de forma pulsátil, controlado por um mecanismo complexo envolvendo proteínas hipotalâmicas e o hormônio liberador de GH (GHRH), que age estimulando sua secreção, e a somatostatina, de ação inibitória. Os picos de maior secreção são observados durante o sono profundo e, embora seja produzido durante toda a vida, os maiores pulsos ocorrem durante a puberdade^(5,12,14,15).

Na promoção do crescimento, o GH atua tanto de forma direta como indireta. Diretamente, através da ligação do GH aos seus receptores na placa de crescimento e, indiretamente, agindo sobre o crescimento no processo de diferenciação celular e na síntese do colágeno tipo I. Esses efeitos biológicos do GH são em grande parte mediados pelos fatores de promoção do crescimento similares à insulina, conhecidos como IGFs (*insulin-like growth factors*), sendo o principal o IGF-1^(5,7,13,14,16).

O IGF-1 é um polipeptídeo presente na circulação sanguínea, produzido principalmente no fígado, mediado por receptores hepáticos de GH e em outros tecidos, como o osso^(5,11). No esqueleto o IGF-1 assume funções importantes, como a diferenciação, maturação e recrutamento de osteoblastos⁽¹⁶⁾. Na circulação, o IGF-1 associa-se a proteínas de ligação, sendo conhecidas como IGFBPs (*binding protein*). Reconhecidamente, a IGFBP-3 é a principal proteína de ligação e tem sua produção estimulada pelo GH^(4,5,13,14).

O sistema de regulação do eixo GH/IGF-1 não inclui apenas ações endócrinas, mas também parácrinas e autócrinas do IGF-1⁽¹⁶⁾. O IGF-1 atua de forma singular em ambos os sexos, sendo o principal mediador da aceleração linear do crescimento, envolvido na determinação da espessura óssea, comprimento, densidade e arquitetura do esqueleto, aumentando as proporções corporais durante a infância e adolescência^(8,16).

Está claro que o potencial de crescimento linear é geneticamente determinado, mas, conforme já citado, existem vários fatores hormonais de ação local ou sistêmica intervenientes. Nesse âmbito, a puberdade em especial é profundamente marcada pela ativação do eixo GH/IGF-1 e suas interações com esteróides gonadais, principalmente, promovem o PHV^(8,11).

Nesse período de intenso crescimento, a amplitude na secreção de GH é fortemente influenciada pela idade e pelo desenvolvimento puberal; no período pré-puberal sua secreção está diminuída, não havendo diferenças entre os sexos, apresentando as maiores concentrações no final da puberdade, aproximadamente dos 15 aos 19 anos, e declinando após os 20 anos de idade^(14,15). Phillip e Lazar⁽¹¹⁾ relataram o dimorfismo sexual na secreção de GH, denotando que as adolescentes demonstram um significativo aumento nos níveis circulantes de GH no início do desenvolvimento mamário (M2 pelos critérios de Tanner), enquanto os rapazes indicam os maiores níveis entre o terceiro e o quarto estágios (G3 e G4) para genitais.

É importante ressaltar a ação dos hormônios sexuais no aspecto do crescimento puberal, apresentando, num primeiro momento, um relevante aumento na secreção de GH e, posteriormente, um incremento na produção de IGF-1, cujos efeitos diretos incidem sobre a cartilagem óssea⁽¹⁵⁾. Phillip e Lazar⁽¹¹⁾ relataram um aumento progressivo nos níveis séricos de testosterona e estrógenos durante a puberdade em ambos os sexos. Esses são os principais reguladores do PHV e da maturação da placa de crescimento até que a fusão epifisária seja concluída⁽¹¹⁾.

Tradicionalmente, o incremento de GH era atribuído ao efeito da testosterona no sexo masculino e dos estrógenos e andrógenos supra-renais no sexo feminino. Estudos desenvolvidos na última década revelam que os estrógenos devem ser os principais hormônios estimulantes da secreção de GH, tanto no sexo masculino como no feminino, sendo sua ação mediada por receptores localizados na hipófise. Segundo Veldhuis *et al.*⁽¹⁷⁾, o efeito dos andrógenos sobre o eixo GH/IGF-1 só se concretizaria quando esses fossem aromatizados em estrógenos, afirmando que aqueles andrógenos

não aromatizados não apresentariam efeito sobre a secreção de GH.

Neste sentido, a puberdade é o estágio de desenvolvimento em que a secreção de GH é mais sensível ao estímulo produzido por vários fatores, incluindo a secreção de hormônios gonadais sexuais. Contudo, vários são os fatores mediadores da liberação e regulação do GH; entre estes se incluem o GHRH hipotalâmico, GH-inibitório (somatostatina), neurotransmissores cerebrais e neuropeptídeos, a produção de IGF-1 e suas proteínas ligadoras e fatores nutricionais e de exercícios físicos⁽¹⁵⁾.

O mecanismo exato, seqüencial e progressivo desse período de explosão de crescimento permanece dúvida, embora se saiba que os mecanismos neuroendócrinos que regulam o crescimento durante os anos da infância e adolescência são únicos e de alta complexidade.

OS EXERCÍCIOS FÍSICOS POTENCIALIZAM OU COMPROMETEM O CRESCIMENTO ÓSSEO?

Nos últimos anos, têm aumentado de forma significativa os questionamentos com relação aos efeitos adversos do treinamento físico em crianças e adolescentes sobre o crescimento ósseo⁽¹⁸⁾; existe relativamente pouco conhecimento sobre a treinabilidade de adolescentes. As modificações no *status* maturacional durante o período da adolescência dificultam de forma significativa a interpretação das pesquisas realizadas com esse grupo de indivíduos⁽¹⁵⁾.

Pesquisadores têm indagado sobre se algumas práticas esportivas, como ginástica, corridas de longa duração e o balé, poderiam comprometer o crescimento longitudinal e/ou a densidade mineral óssea, em função do grande volume de treinamento, das exigências de baixo peso corporal e do controle alimentar rigoroso⁽¹⁹⁻²³⁾. Contudo, pouco se conhece sobre a participação de crianças e adolescentes em esportes competitivos e as verdadeiras repercussões do treinamento a que são submetidos sobre o crescimento. Em geral, muito se especula e poucos resultados são conclusivos.

Se, por um lado, anteriormente foi relatado que o exercício físico pode induzir aumentos significativos do GH na circulação, por outro, Guy e Micheli⁽²⁴⁾ advogam que, durante a puberdade, o exercício físico intenso nem sempre traz benefícios para os adolescentes, particularmente com relação ao crescimento esquelético. Damsgaard *et al.*⁽²⁵⁾ relatam que o treinamento de força intenso, em adolescentes, parece acarretar um decréscimo nos níveis de IGF-1, sugerindo que esse treinamento pode reduzir o crescimento e comprometer a estatura final.

Theintz *et al.*⁽²⁶⁾ demonstraram redução na estatura e baixo nível de IGF-1 em ginastas jovens, com treinamento intenso e submetidas à baixa ingestão dietética, com objetivo de manter uma imagem corporal mais adequada com influência no julgamento da competição. Entretanto, não é só na ginástica que se observam restrições dietéticas e treinamento físico intenso, pois, as lutas normalmente dependem do peso corporal para classificação das categorias e o baixo peso garante vantagens na competição. Roemmich e Sinning⁽²⁷⁾ observaram redução significativa de IGF-1 em um grupo de adolescentes lutadores, submetidos a treinamento intenso, associado à dieta restritiva, com a perspectiva de alcançar baixo peso e reclassificação para categorias inferiores na competição.

Scheett *et al.* verificaram redução importante nos níveis de IGF-1 em pré-púberes de nove a 11 anos, submetidos ao treinamento aeróbio por cinco semanas quando comparados com o grupo controle. Os resultados indicaram que o exercício físico aeróbio (90 minutos), sustentado por cinco vezes durante a semana, estimulou citocinas pró-inflamatórias e contribuiu para supressão do eixo GH/IGF-1⁽²⁸⁾. Os autores explicaram esse fenômeno levantando a hipótese de que o mecanismo que ocasionou a redução do IGF-1 foi a intensidade do exercício que induziu a estimulação de citocinas pró-inflamatórias, interleucina 1 (IL-1 β), interleucina 6 (IL-6) e

do fator de necrose tumoral (TNF- α). Inferem que uma elevação dos fatores pró-inflamatórios, através da realização de exercícios, poderia inibir elementos do eixo GH/IGF-1.

Nemet *et al.*⁽²⁹⁾ estudaram o efeito agudo da prática do pólo aquático sobre o GH/IGF-1, as citocinas pró-inflamatórias e subpopulações de glóbulos brancos, em atletas do sexo feminino de 14 a 16 anos. Os pesquisadores coletaram amostras sanguíneas antes e após uma sessão de treinamento de uma hora e 50 minutos. Os resultados apontaram decréscimo no IGF-1 e na insulina, com concomitante aumento nos níveis de lactato sanguíneo, na IL-6 (pró-inflamatória) e IL-1_{ra} (anti-inflamatória). A IGFBP-1 respondeu de forma substancial ao treinamento agudo de pólo aquático, com elevação de seus níveis basais em 14 vezes. Para os pesquisadores, os resultados encontrados indicam um estado catabólico intenso com depressão nos valores de IGF-1⁽²⁹⁾. De forma similar, estudo conduzido com pré-púberes do sexo feminino demonstrou elevação das citocinas e drástica redução dos níveis de IGF-1, resultante de treinamento aeróbio de 45 minutos por dia, durante cinco semanas⁽⁴⁾.

As citocinas pró-inflamatórias reduzem os níveis sistêmicos de IGF-1 através de vários caminhos, podendo atenuar seus efeitos por aumentar os níveis de proteínas de ligação do IGF, que inibem sua bioatividade, como, por exemplo, a IGFBP-1^(4,6,28). Os efeitos anabólicos do exercício físico sobre o perfil metabólico vão além da visão clássica do controle hormonal, em que uma glândula secreta o hormônio que irá produzir seu efeito biológico num órgão específico, ocorrendo provavelmente muitas outras interações.

Outros pesquisadores propuseram-se a investigar as variações nas medidas de estatura, entre atletas de diferentes modalidades esportivas, na perspectiva de observar um padrão de constituição física a aqueles vinculados aos esportes e/ou o comprometimento gerado pelo impacto do exercício sobre o crescimento do atleta jovem.

Com esse intuito, Damsgaard *et al.* avaliaram o crescimento de crianças e adolescentes em diferentes modalidades esportivas⁽¹⁸⁾. Os autores observaram, em estudo realizado com 184 crianças e adolescentes de nove a 13 anos, que vários fatores se destacam na obtenção da estatura de atletas, entre eles, os aspectos genéticos, nutricionais, o nível maturacional e a estatura anterior à prática do esporte, julgando serem esses os mais importantes fatores determinantes. Na investigação não foram observadas diferenças entre o tipo de esporte e horas de treinamento sobre a estatura obtida. Tal encontro sugere, de acordo com os autores, que a seleção das crianças inseridas no esporte depende de fatores constitucionais e que o esporte, por si mesmo, tem pouca importância no resultado. As ginastas desse estudo demonstraram menor estatura quando comparadas com as nadadoras; entretanto, essa evidência antecedeu o início do treinamento esportivo. Em conclusão, os resultados sugerem que o crescimento pré-puberal não foi afetado pelo esporte em nível competitivo e que fatores constitucionais são de grande importância na escolha do esporte pela criança e na seleção e inclusão das mesmas na modalidade esportiva.

Esses indicadores vão ao encontro daqueles verificados por Peltenburg *et al.*⁽³⁰⁾, que observaram, em seu estudo, que as ginastas demonstravam, já em idades mais jovens, menor estatura do que as nadadoras e as escolares. Esses resultados suportam a teoria da seleção esportiva relacionada ao tamanho das crianças e reafirmam que o corpo pequeno confere ao ginasta vantagens na execução dos movimentos relativos ao esporte^(21,22,31).

Acreditando que a seleção esportiva é que garante o peso e estatura abaixo do percentil 50, em ambos os sexos para corredores de longa distância, Eisenmann e Malina⁽³¹⁾ acompanharam durante cinco anos as taxas de crescimento de corredores profissionais entre oito e 15 anos. Os resultados indicaram menor peso e estatura, em todas as faixas etárias e em ambos os sexos, quando os atletas foram comparados com a referência nacional. Entretanto,

to, os autores não julgam que tenha ocorrido impacto negativo do treinamento sobre o crescimento linear, uma vez que os dados sugerem o importante papel da seleção esportiva através das dimensões corporais.

É digno de nota que os autores não efetuaram avaliação nutricional e do estresse psicológico, visto que os atletas são constantemente motivados à redução do peso corporal, com volume de corrida semanal também muito elevado.

Caine *et al.*⁽²²⁾ efetuaram revisão de literatura sobre o tema e os principais resultados apontaram para uma estatura já inferior das ginastas, antes de iniciarem o treinamento físico, seguido de volume de treinamento muito grande, na ordem de até 36 horas semanais entre cinco e 10 anos de idade, com balanço energético negativo. Os autores concluíram que as atletas, de alto nível competitivo, certamente experimentam atenuação do crescimento; contudo, existe um conjunto de fatores contribuintes, entre eles, os aspectos genéticos, a nutrição e o estresse psicológico, não podendo ser imposto ao treinamento físico a total responsabilidade pela baixa estatura das ginastas.

Para Georgopoulos *et al.*, a intensidade e a duração do treinamento físico são os fatores mais importantes do que o próprio esporte praticado⁽²⁾. Contudo, poucos pesquisadores relataram e controlaram a intensidade do treinamento (sobrecarga, número de repetições, aspectos biomecânicos e o nível de dificuldade das habilidades), o que dificulta sobremaneira a compreensão da relação causa-efeito do treinamento sobre o crescimento⁽²²⁾.

Assim, tem sido sugerido que o máximo de treinamento físico semanal seja de 15 a 18 horas, quando se trabalha com pré-púberes e púberes, para evitar comprometimentos no crescimento⁽³¹⁾.

No estudo de Theintz *et al.*, os grupos de ginástica e natação tiveram uma média semanal de treinamento maior do que a dos grupos de tenistas e jogadores de handebol. Em nenhuma das quatro modalidades esportivas se observou efeito negativo sobre a velocidade de crescimento e o índice de massa corporal⁽²⁶⁾.

Diferente do perfil observado em ginastas olímpicas, estudo realizado com 255 atletas, com média de idade de 13 anos, que praticavam ginástica rítmica, Georgopoulos *et al.* demonstraram que as atletas eram mais altas, média de 160,04cm, e mais magras, com peso de 42,0kg, com índice de massa corporal (IMC) de 16,26kg/m² e gordura relativa de 16,1%, do que aquelas não atletas, que compunham o grupo controle. A constatação de que as ginastas eram mais altas e mais magras quando confrontadas com suas controles, com menarca tardia e desenvolvimento pubertário atrasado, não surpreendeu os autores, uma vez que essas adolescentes têm um regime de alta intensidade de treinamento (média de 29,14 horas/semana) desde a infância e pré-adolescência, sendo motivadas a manter baixo peso corporal. O perfil mais alto e o baixo peso corporal parecem ser reforçados em atletas de ginástica rítmica, fazendo parte inclusive da seleção das jovens para o esporte⁽²⁾. Nesse estudo, o atraso no desenvolvimento pubertário, com a observação do PHV ocorrendo em momento mais tardio, não se associou à menor estatura adulta predita, uma vez que se verificou recuperação adequada no potencial de crescimento, em idade posterior⁽²⁾, mesmo após as atletas terem sido submetidas ao regime de alta intensidade de treinamento (média de 29,14 horas/semana) desde a infância e pré-adolescência.

Constatação semelhante foi feita por Klentrou e Pyley⁽³²⁾, quando investigaram ginastas rítmicas gregas e canadenses, confrontando com grupo controle; destacaram que as ginastas canadenses tinham estatura superior à de seu grupo controle, enquanto as gregas tinham estatura inferior à de suas controles. Os autores imputaram essas diferenças ao número de horas e de dias de treinamento realizado por semana pelos dois grupos. Da mesma forma, verificaram que o evento menarca estava atrasado em 32 das 45 ginastas de seu grupo de elite, composto por gregas e canadenses, que tinham média de idade de 14,5 e 14,7 anos respectivamente; quando as separaram em dois grupos, considerando as

sem menarca e as com, verificaram que as primeiras tinham maior número de horas e de frequência de treino por semana, com diferença estatisticamente significativa na avaliação da porcentagem de gordura corporal e na estatura, sendo constatada altura de 167cm para as com menarca e 156cm para as pré-menarca. Os autores reforçam, com os resultados apresentados, a importância da frequência e da duração do treino sobre a composição corporal e estatura final.

Para a Academia Americana de Pediatria⁽³³⁾, o treinamento de alta intensidade e a especialização esportiva precoce geram riscos, mas seus membros colocam em evidência: "Embora muita preocupação se relacione ao interesse em esportes de competição para crianças e adolescentes, poucas informações científicas estão disponíveis para suportar ou refutar os riscos".

Na tentativa de imputar os efeitos do exercício sobre mediadores catabólicos e anabólicos, ultimamente é possível determinar os limites entre os efeitos do exercício físico voltados à promoção da saúde, relacionando sua atuação sobre a ativação do eixo GH/IGF-1, e os efeitos deletérios, caracterizados por excesso de citocinas e supressão do eixo GH/IGF-1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora muito se especule quanto ao fato de o crescimento ósseo ser potencializado pela prática de exercícios físicos, não foram encontrados na literatura científica específicos estudos bem desenvolvidos que sustentem esse paradigma. O que se pode afirmar com ampla fundamentação é que as atividades esportivas adequadamente programadas e supervisionadas potencializam a densidade mineral óssea^(1,10,34-36), particularmente durante a adolescência⁽⁸⁾, quando o pico de massa óssea está por ser alcançado^(1,10). Estudos apresentam a combinação, dieta rica em cálcio associada ao exercício físico, durante a adolescência, como recurso adequado para a maximização do pico de massa óssea e consequente redução do risco de osteoporose futura^(1,8,10,36,37).

Em se tratando dos efeitos adversos gerados pelo treinamento físico durante a infância e adolescência, aparentemente, o tipo de esporte praticado independe, pois, o grande destaque é para a intensidade do treinamento, reconhecida, de forma geral, como de grande volume diário e/ou semanal, elevado número de repetições e alta sobrecarga imposta ao esqueleto. A alta intensidade no treinamento de várias modalidades esportivas, aqui referenciadas, indicou uma modulação metabólica importante, com a elevação de marcadores inflamatórios e a supressão do eixo GH/IGF-1. Entretanto, deve-se salientar que, por vezes, a própria seleção esportiva recruta crianças e/ou adolescentes com perfis de menor estatura⁽²⁰⁾ como estratégia para obtenção de melhores resultados em função da facilidade mecânica dos movimentos.

Uma vez que as bases científicas na determinação dos níveis "ótimos" de atividade esportiva para crianças e adolescentes não estejam determinadas, é prudente ter cautela na prescrição de exercício para jovens, uma vez que as duas primeiras décadas da vida são únicas e fundamentais para o crescimento ósseo e o amadurecimento biológico.

Aparentemente, o tipo de esporte não gera restrições de sua prática por crianças e adolescentes, mas a intensidade dos esforços deve ser orientada com fundamentação na treinabilidade já adquirida previamente, nas dimensões corporais, no nível maturacional do jovem e, principalmente, no objetivo a ser alcançado.

AGRADECIMENTOS

A Ilana Goldberg pela versão em inglês do resumo.

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

REFERÊNCIAS

1. Lima F, Falco V, Baima J, Carazzato JG, Pereira RMR. Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1318-23.
2. Georgopoulos N, Markou K, Theodoropoulou A, Paraskevopoulou P, Varaki L, Kazantzi Z, et al. Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab* 1999;84:4525-30.
3. Cooper DM. Exercise, growth, and the GH-IGF-I axis in children and adolescents. *Curr Opin Endocrinol Diab* 1999;6:106-11.
4. Eliakin A, Scheett TP, Newcomb R, Mohan S, Cooper DM. Fitness, training, and growth hormone-insulin like growth factor I axis in prepubertal girls. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:2797-802.
5. Godfrey RJ, Madgwick Z, Whyte GP. The exercise-induced growth hormone response in athletes. *Sports Med* 2003;33:599-613.
6. Scheett TP, Mills PJ, Ziegler MG, Stoppani J, Cooper DM. Effect of exercise on cytokines and growth mediators in prepubertal children. *Pediatr Res* 1999;46:429-33.
7. Luciano E, Mello MAR. Atividade física e metabolismo de proteínas em músculo de ratos diabéticos experimentais. *Rev Paul Educ Fis* 1998;12:202-9.
8. Rubin K. Pubertal development and bone. *Curr Opin Endocrinol Diab* 2000;7:65-70.
9. Rogol AD, Clark PA, Roemmich JN. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr* 2000;72:S521-8.
10. Pettersson U, Nordström P, Alfredson H, Henriksson-Larsén K, Lorentzon R. Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: a comparative study between two different types of sports. *Calcif Tissue Int* 2000;67:207-14.
11. Phillip M, Lazar L. The regulatory effect of hormones and growth factors on the pubertal growth spurt. *Endocrinology* 2003;13:465-9.
12. Silva CC, Goldberg TBL, Teixeira AS, Dalmas JC. Mineralização óssea em adolescentes do sexo masculino: anos críticos para a aquisição da massa óssea. *J Pediatr* 2004;80(6):461-7.
13. Boguszewski CL. Genética molecular do eixo GH-IGF-1. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2001;45:5-14.
14. Seik D, Boguszewski MCS. Testes de secreção de hormônio de crescimento e suas implicações no tratamento da baixa estatura. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2003;47:303-11.
15. Naughton G, Farpour-Lambert NJ, Carlson J, Bradney M, Van Praagh E. Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports Med* 2000;30:309-25.
16. Borba VZC, Kulak CAM, Lazzaretti-Castro M. Controle neuroendócrino da massa óssea: mito ou verdade? *Arq Bras Endocrinol Metab* 2003;47:453-7.
17. Veldhuis JD, Roemmich JN, Rogol AD. Gender and sexual maturation-dependent contrasts in the neuroregulation of growth hormone secretion in prepubertal and late adolescent males and females – A general clinical research center-based study. *J Clin Endocrinol Metab* 2000;85:2385-94.
18. Damsgaard R, Bencke J, Matthiesen G, Petersen JH, Müller J. Is prepubertal growth adversely affected by sport? *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1698-703.
19. Lindholm C, Hagenfeldt K, Ringertz BM. Pubertal development in elite juvenile gymnasts. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1994;73:269-73.
20. Damsgaard R, Bencke J, Matthiesen G, Petersen JH, Müller J. Body proportions, body composition and pubertal development of children in competitive sports. *Scand J Med Sci Sports* 2001;11:54-60.
21. Baxter-Jones ADG, Thompson AM, Malina RM. Growth and maturation in elite young female athletes. *Sports Med Arthrosc Rev* 2002;10:42-9.
22. Caine D, Lewis R, O'Connor P, Howe W, Bass S. Does gymnastics training inhibit growth of females? *Clin J Sport Med* 2001;11:260-70.
23. Rice SG, Waniewski S. Children and marathoning: how young is too young? *Clin J Sport Med* 2003;13:369-73.
24. Guy JA, Micheli LJ. Strength training for children and adolescents. *J Am Acad Orthop Surg* 2001;9:29-36.
25. Damsgaard R, Bencke J, Müller J. IGF-I levels in 188 adolescents during two years of training at a competitive level. *Am Acad Pediatr, Comm Sports Med Fit. Supplement* 2001;33:S288.
26. Theintz GE, Howald H, Weiss U, Sizonenko PC. Evidence for a reduction of growth potential in adolescent female gymnasts. *J Pediatr* 1993;122:306-13.
27. Roemmich JN, Sinning WE. Weight loss and wrestling training: effects on growth-related hormones. Data demonstrating the ability of high-intensity exercise in adolescents to lead to a marked catabolic state. *J Appl Physiol* 1997;82:1760-4.
28. Scheett TP, Nemet D, Stoppani J, Maresh CM, Newcomb R, Cooper DM. The effect of endurance-type exercise training on growth mediators and inflammatory cytokines in pre-pubertal and early pubertal males. *Pediatr Res* 2002;52:491-7.
29. Nemet D, Rose-Gottron CM, Mills PJ, Cooper DM. Effect of water polo practice on cytokines, growth mediators, and leukocytes in girls. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:356-63.
30. Peltenburg AL, Erich WBM, Zonderland ML, et al. A retrospective growth study of female gymnasts and girl swimmers. *Int J Sports Med* 1984;5:262-7.
31. Eisenmann JC, Malina RM. Growth status and estimated growth rate of young distance runners. *Int J Sports Med* 2002;23:168-73.
32. Klentrou P, Pyley M. Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts compared with normal controls. *Br J Sports Med* 2003;37:490-4.
33. Anderson SJ, Griesemer BA, Johnson MD, et al. Intensive training and sports specialization in young athletes. *Am Acad Pediatr, Comm Sports Med Fit* 2000;106:154-7.
34. Fehling PC, Alekel L, Clasey J, Rector A, Stillman RJ. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone* 1995;17:205-10.
35. Robin DM, Peter RA, Rudi K, Shona B. Effects of high-impact exercise on ultrasonic and biochemical indices of skeletal status: a prospective study in young male gymnasts. *J Bone Miner Res* 1999;14:1222-30.
36. Silva CC, Teixeira AS, Goldberg TBL. O esporte e suas implicações na saúde óssea de adolescentes. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:426-32.
37. Silva CC, Teixeira AS, Goldberg TBL. Impacto da ingestão de cálcio sobre a mineralização óssea de adolescentes. *Rev Nutr* 2004;17:351-9.