



ARTIGO ORIGINAL

Ferro, cobre e zinco em adolescentes no estirão pubertário*Iron, copper and zinc in adolescents during pubertal growth spurt*Marcia R.D. Urbano¹, Maria S.S. Vitale², Yara Juliano³, Olga M.S. Amancio⁴**Resumo**

Objetivo: verificar o estado nutricional relativo ao ferro, cobre e zinco e a correlação entre índice de massa corporal, níveis séricos e dietéticos desses elementos, em adolescentes durante o estirão pubertário.

Métodos: estudo descritivo, do tipo corte transversal, envolvendo uma amostra de 47 adolescentes atendidos em ambulatório de adolescência clínica, durante o período de março a dezembro de 1999, que se apresentavam no estirão pubertário, do total de 360 que freqüentaram o ambulatório no período, sendo 19 rapazes na faixa etária de 12,3 a 16 anos, e 28 moças na faixa etária de 11,1 a 13,6 anos. Variáveis analisadas: *dietética* (recordatório de 24 horas, freqüência e registro alimentar) para determinar a ingestão de ferro, cobre e zinco; *antropométrica* (peso e altura) para aferição do índice de massa corporal; *bioquímica* (dosagem sérica de ferro pelo *kit in vitro* Diagnóstica, ferritina pelo *kit* Immulite, cobre e zinco por espectrofotometria de absorção atômica). Utilizou-se o coeficiente de Spearman para análise estatística.

Resultados: dos 47 adolescentes em estirão pubertário, apresentaram ingestão adequada de: ferro (95% e 36%), cobre (53% e 57%) e zinco (21% e 21%) nos sexos masculino e feminino, respectivamente. A maioria dos adolescentes era eutrófica segundo os percentis do IMC. Bioquimicamente, os rapazes apresentaram valores normais para ferro e zinco em toda a amostra; para cobre em 95% e para ferritina em 84%. As moças também apresentaram valores normais de ferro e zinco; para cobre em 96,4% e para ferritina em 96%. Não houve correlação estatisticamente significativa entre IMC e concentração sérica de ferro, ferritina, cobre e zinco, e entre concentração sérica e ingestão dietética dos minerais estudados, nem tampouco para a relação ferro sérico e ferritina.

Conclusões: não se sabe, até o momento, se os níveis séricos de zinco e cobre flutuam durante o crescimento, ou se cada indivíduo tem um nível estável destes minerais durante o estirão. Os níveis séricos normais de ferro, cobre e zinco na maioria dos adolescentes avaliados podem estar refletindo a habilidade do organismo em fazer ajustes homeostáticos.

J Pediatr (Rio J) 2002; 78 (4): 327-34: ferro, cobre, zinco, adolescente, estirão pubertário.

Abstract

Objective: to examine iron, copper and zinc nutritional status and their correlation with Body Mass Index (BMI), serum and dietetic levels in adolescents during the pubertal growth spurt.

Methods: a descriptive cross-sectional study involving a sample of 47 adolescents out of 360 patients (19 boys, whose ages ranged from 12.3 to 16 years and 28 girls, whose ages ranged from 11.1 to 13.6 years), who were seen at a clinic for adolescents from March to December 1999. The variables analyzed were: Diet (24 hours Dietary Recall, Food Frequency Intake Questionnaire and Food Register Methods) to determine iron, copper and zinc intake; anthropometry (weight and height) to check BMI; biochemistry (measure of serum iron level through a *Diagnóstica* kit in vitro; ferritin through *Immulite* kit, and atomic absorption spectrophotometry for biochemical evaluation of serum iron, ferritin, copper and zinc. Spearman coefficient correlation was used for statistical analysis.

Results: forty seven adolescents during pubertal growth spurt showed adequate ingestion: iron (95% and 36%), copper (53% and 57%) and zinc (21% and 21%) in males and females, respectively. Most of them were eutrophic according to the BMI percentiles. Biochemically, boys presented normal values for serum iron and zinc in the whole sample, 95% for copper and 84% for ferritin. Girls also presented normal values for iron and zinc values in the whole sample, 96.4% for copper and 96% for ferritin. There were no statistically significant correlation between BMI and serum Fe, ferritin, Cu and Zn concentrations and between serum concentration and dietetic ingestion of the studied minerals, neither between serum iron and ferritin.

Conclusions: it is not clear if serum levels of Zn and Cu are floating during the growth process or if each adolescent has a stable level of these minerals during the pubertal growth spurt. Normal Fe, Cu and Zn serum levels in most adolescents evaluated may reflect the organism ability to accomplish homeostatic adjustments.

J Pediatr (Rio J) 2002; 78 (4): 327-34: iron, copper, zinc, adolescent, pubertal growth spurt.

1. Mestre em Ciências Aplicadas à Pediatria pela Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina (UNIFESP/EPM).

2. Doutora em Medicina pela UNIFESP/EPM.

3. Professora Titular de Saúde Coletiva – Faculdade de Medicina da Universidade de Santo Amaro.

4. Professora Adjunta-doutora do Departamento de Pediatria da UNIFESP/EPM.

Artigo de tese apresentada à Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina para obtenção do Título de Mestre em Ciências Aplicadas à Pediatria – Área de Nutrição. Auxílio financeiro: CAPES.

Artigo submetido em 20.12.01, aceito em 08.05.02.

Introdução

O processo de maturação sexual e a maior velocidade de crescimento na adolescência geralmente começam e terminam na segunda década da vida. A idade de desenvolvimento, tal como avaliado pelo estágio de maturação sexual e/ou idade óssea, constitui uma base mais precisa do que a idade cronológica para o estudo dos adolescentes¹. Dentro desta variabilidade normal na maturação sexual na fase da puberdade, adolescentes da mesma idade podem ser impúberes, púberes, ou apresentarem fenótipo adulto.

A velocidade máxima do crescimento muscular ocorre no pico do estirão no sexo masculino e após o estirão, juntamente com a menarca, no sexo feminino. A maturação e as fases de crescimento estão envolvidas no diagnóstico e prognóstico nutricional, e são determinantes das necessidades nutricionais a cada momento da adolescência². Portanto, a nutrição apropriada é uma das necessidades básicas de saúde para que os adolescentes possam expressar adequadamente o seu potencial genético, em termos de crescimento e desenvolvimento³.

Devido ao surto de crescimento na adolescência, a necessidade de alguns minerais é de particular importância. O consumo de dietas inadequadas durante a adolescência podem retardar potencialmente o crescimento e a maturação sexual, e o consumo excessivo de alguns tipos de alimentos pode aumentar o risco de desenvolvimento de doenças crônicas na adolescência³. O zinco, o cobre e o ferro são elementos-traço essenciais envolvidos no crescimento do adolescente⁴.

O ferro é essencial para a expansão do volume sanguíneo e da massa muscular, exercendo funções metabólicas ou enzimáticas e de estoque na forma de ferritina e hemossiderina para manter a homeostase. Quando o ferro da dieta não está adequado, os estoques de ferro são mobilizados para manter a produção de hemoglobina e outros componentes que contêm ferro⁵. Na puberdade, os valores de ferritina sérica aumentam no sexo masculino, ao passo que no sexo feminino esses valores continuam estáveis durante a adolescência e na vida adulta, alcançando os valores do sexo masculino somente após a menopausa. Déficits de atenção, desempenho ruim em testes de inteligência, mudanças de comportamento e de humor, lassitude e piora do rendimento escolar estão associados com deficiência de ferro também em adolescentes⁶. Os jovens, assim como os lactentes, normalmente contêm muito mais cobre por unidade de peso corporal do que os adultos. Necessário ao crescimento e fator importante para muitos sistemas enzimáticos, o cobre também está envolvido na síntese da hemoglobina, oxidando o ferro ferroso para ferro férrico, e na formação da transferrina, por meio da ceruloplasmina. O zinco, co-fator essencial para quase 200 enzimas, participa no crescimento celular especificamente como co-fator de enzimas necessárias para a síntese do ácido ribonucléico (RNA) e desoxirribonucléico (DNA), e controla o crescimento e o desenvolvimento gonadal, além de outras funções. Adolescentes têm necessidades maiores de zinco/kg

de peso do que os adultos, devido ao papel essencial deste metal no crescimento e na maturação sexual⁷. Pelo exposto, justifica-se averiguar o estado nutricional relativo ao ferro, ao cobre e ao zinco em adolescentes durante o estirão pubertário.

Métodos

Estudo transversal realizado de 1º de março a 10 de dezembro de 1999, no ambulatório de adolescência clínica do Núcleo de Nutrição, Alimentação e Desenvolvimento Infantil – NUNADI, da Secretaria de Estado da Saúde do Estado de São Paulo, no município de São Paulo (SP), que atende a população de adolescentes de baixo nível econômico. Avaliou-se amostra de 47 adolescentes no estirão pubertário, dos 360 que freqüentaram o ambulatório no período, sendo 19 do sexo masculino, com idade mediana de 13,9 anos (variação de 12,3 a 16 anos), dos quais 13 em estágio G₃, e seis em G₄. As 28 adolescentes do sexo feminino tinham idade mediana de 12,2 anos (variação de 11,1 a 13,6 anos), estando duas em M₂ e 26 em M₃⁸. O critério de exclusão foi a presença de patologia aguda ou crônica clinicamente evidente no momento da consulta e o uso de suplementos nutricionais. O critério de inclusão foi estar no estirão pubertário. Do total de 50 pacientes no estirão pubertário, não foram incluídos três pacientes, pois não compareceram para a coleta de exames, constituindo-se a amostra final em 47 adolescentes. O exame clínico e a aferição do estadiamento puberal foram realizados por médico de adolescentes, treinado, participante do estudo, e os demais dados foram coletados pelo nutricionista responsável pelo trabalho.

A avaliação dietética foi feita pelos métodos recordatório de 24 horas, de freqüência alimentar, e o de registro alimentar⁹ por quatro dias consecutivos, sendo um de final-de-semana. Para o cálculo das quantidades ingeridas de ferro, cobre e zinco, utilizou-se o programa validado e padronizado Virtual Nutri – USP¹⁰. A ingestão dietética calculada foi comparada com o *Recommended Dietary Allowances - RDA*¹¹.

Para a tomada de peso corporal, foi utilizada balança plataforma da marca Filizola, com graduação de 100 em 100 gramas, tarada antes de cada pesagem; para a tomada da estatura, o estadiômetro da própria balança Filizola, e realizado o cálculo do índice de massa corporal – IMC (peso/estatura²)¹². Os valores obtidos foram comparados aos valores de referência de Must¹³, e classificados em magros, eutróficos, sobrepesos e obesos, conforme critérios de Himes & Dietz¹⁴.

Avaliação bioquímica: amostras de sangue foram coletadas com os indivíduos em jejum, entre 8:00 e 9:00h. As amostras de soro foram estocadas a -18°C até o momento das dosagens. O soro foi diluído com água desionizada através do Sistema Milli-Q-Plus (Millipore Co.), na proporção de 1:5, e as concentrações de cobre e zinco foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica

(Perkin-Elmer, mod. 5.100), nas seguintes condições: comprimento de onda 324,8nm (Cu) e 213,9nm (Zn); fenda 0,7nm; chama oxidante acetileno/ar; energia 71 (Cu) e 63 (Zn); leitura em duplicata com tempo de integração de 2 segundos.

Soluções-padrão de 100mg metal/l (Perkin Elmer, PEN 4300183 para Cu e PEN 9300178 para Zn) foram diluídas em glicerol a 10% (Cu) e glicerol a 5% (Zn), resultando em soluções-padrão de trabalho contendo 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1,0 e 2,0mg de Cu ou Zn/l. A acurácia foi monitorada pela comparação com a solução comercial *Quality Control Standard 21* (Perkin Elmer, PEN 9300281) para ambos os elementos. Todos os reagentes utilizados eram de grau analítico, e vidraria lavada com ácido foi usada em todo estudo.

Para a determinação do ferro sérico, foi utilizado o *kit in vitro* Diagnóstica CAT 015, que adota o método Goodwin modificado (Ferrozine), e para a ferritina, o *kit* Ferritin-Immulate, que utiliza ensaio imunométrico. Os resultados foram expressos em mg do elemento/dl, e os valores de referência adotados foram 45 a 50µg/dl para o ferro, 70 a 140µg/dl para o cobre, 50 a 120µg/dl¹⁵ e acima de 12µg/l para a ferritina¹⁶, para os dois sexos.

Para a análise estatística, utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman¹⁷ para comparar o IMC com as dosagens séricas de ferro, cobre e zinco e os valores de ingestão destes oligoelementos com suas respectivas dosagens séricas. Adotou-se $\alpha \leq 5\%$.

Este trabalho foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo e do NUNADI, da Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo. Foi obtido dos pais ou responsáveis o prévio consentimento por escrito.

Resultados

Em relação à ingestão dos micronutrientes, 18 rapazes apresentaram adequação para ferro, dez para o cobre e quatro para o zinco. Das moças, dez apresentaram ingestão adequada de ferro, 16 de cobre e seis de zinco (Tabela 1). A Tabela 2 mostra as médias de ingestão dietética diária de Fe, Cu e Zn em comparação com as recomendações (RDA). Observa-se que a média de ingestão diária de ferro, no sexo masculino, apresenta-se acima do recomendado; e a ingestão média diária de zinco está abaixo do recomendado nos dois sexos.

Os adolescentes do sexo masculino apresentaram as médias de peso corporal e de estatura de $47,5 \pm 6,8$ kg e $160,2 \pm 7,7$ cm, respectivamente, e a mediana do IMC de 18kg/m^2 . No sexo feminino, o peso corporal médio era de $43,4 \pm 12,5$ kg, estatura média de $150,6 \pm 8,3$ cm, e IMC de $17,5\text{kg/m}^2$. A Tabela 3 mostra que a maioria da amostra (16 rapazes e 21 moças) era eutrófica; dois adolescentes do sexo masculino eram magros, e um com sobrepeso. No sexo feminino, duas das adolescentes eram magras, duas com sobrepeso, e três obesas.

Tabela 1 - Distribuição dos adolescentes segundo o sexo e a adequação de ingestão (inadequada, adequada) de ferro, cobre e zinco

Ingestão	Ferro		Cobre		Zinco	
	Masc. n	Fem. n	Masc. n	Fem. n	Masc. n	Fem. n
Inadequada	1	18	9	12	15	22
Adequada	18	10	10	16	4	6
Total	19	28	19	28	19	28

Tabela 2 - Média da ingestão diária de ferro, cobre e zinco por adolescentes dos sexos masculino e feminino no estágio pubertário

	Masc. n=19	Fem. n=28	RDA*	
			Masc.	Fem.
Ferro (mg)	16,41±2,80 (10,99–20,93)	13,86±3,74 (6,98–23,19)	12	15
Cobre (mg)	1,71±0,63 (1,00–3,65)	1,77±0,89 (0,71–5,15)	1,5 a 2,5	1,5 a 2,5
Zinco (mg)	11,93±3,43 (9,25–19,10)	9,79±3,38 (5,07–18,64)	15	12

* RDA = *recommended dietary allowances*.

Tabela 3 - Distribuição dos adolescentes dos sexos masculino e feminino no estágio pubertário segundo o estado nutricional calculado pelo percentil do índice de massa corporal – IMC

Adolescentes	Magreza ≤ p5	Eutrofia p5— p85	Sobrepeso ≥ p85— p95	Obesidade ≥ p95
Masculino	2 (15,6–16,0)	16 (16,6–20,8)	1 (22,2)	0 (0)
Feminino	2 (14,0–14,3)	21 (15,1–20,8)	2 (22,2–25,8)	3 (26,3–33,3)

() variação dos valores de IMC encontrados.

Todos os adolescentes apresentaram ferro sérico normal, com médias de 104,31µg/dl e 96,99µg/dl para rapazes e moças, respectivamente. A ferritina estava diminuída em três rapazes e uma moça, sendo a média de 37,36 para o sexo masculino, e 33,28µg/dl para o sexo feminino. Em relação ao cobre, 18 rapazes e 27 moças apresentaram valores de cobre sérico normais (Tabelas 4 e 5). A Tabela 4 mostra que a média da concentração de cobre sérico era de 98,82µg/dl no sexo masculino, e 101,48µg/dl no sexo feminino. A concentração sérica de zinco nos adolescentes do sexo masculino era de 88,66µg/dl, e nas adolescentes 77,50µg/dl, portanto todos exibiam valores de zinco sérico normais.

Não houve correlação entre o IMC e os níveis séricos de ferro, ferritina, cobre e zinco nos dois sexos (Tabela 6). Os níveis séricos de ferro e cobre também não apontaram correlação com a ingestão dietética destes minerais, tanto no sexo masculino ($r = -0,139$ e $0,290$) quanto no sexo feminino ($r = 0,094$ e $-0,76$). Os adolescentes apresentaram correlação fraca e negativa ($r = -0,48$) entre a concentração sérica e a ingestão dietética de zinco, não sendo estatisticamente significativa. No sexo feminino, não houve correlação

($r = 0,336$). Quando se relacionou a ferritina com os valores de ferro sérico, não houve correlação, tanto no sexo masculino ($r = 0,178$) quanto no feminino ($r = 0,006$).

Discussão

Apesar de a ingestão média diária de cobre nos dois sexos estar dentro da faixa de recomendação, observou-se que 9 rapazes e 12 moças apresentaram ingestão abaixo do mínimo recomendado. Em relação ao zinco, a maioria (15 rapazes e 22 moças) apresentou ingestão inadequada (Tabelas 1 e 2). Isso pode ser explicado pela composição da dieta brasileira, que é à base de arroz com feijão¹⁸, portanto pobre em proteína de origem animal. Observando os alimentos comumente presentes no inquérito de frequência alimentar, pode-se notar que as proteínas de origem animal, fontes de cobre e zinco, são escassas. Um trabalho, entre outros, que avaliou a ingestão destes minerais em adolescentes do sexo feminino relatou ingestão inadequada de cobre¹⁹. Greger et al.²⁰, avaliando o estado nutricional relativo ao ferro, cobre e zinco em 267 adolescentes de Indiana/EUA, na faixa etária de 11 a 15 anos, relataram que

Tabela 4 - Adequação da concentração sérica (normal, abaixo) de ferro, cobre e zinco nos adolescentes segundo o sexo e os valores de referência

Valores de referência	Masculino		Feminino	
	abaixo	normal	abaixo	normal
	n	n	n	n
Ferro (45-150µg/dl)	0	19	0	28
Cobre (70-140µg/dl)	1	18	1	27
Zinco (50-120µg/dl)	0	19	0	28
Ferritina (<12µg/l)	3	16	1	27

Tabela 5 - Concentração de ferro, ferritina, cobre e zinco séricos ($\mu\text{g/dl}$) nos adolescentes dos sexos masculino e feminino no estirão pubertário

	Ferro	Concentração sérica ($\mu\text{g/dl}$)		
		Ferritina	Cobre	Zinco
Masculino (n=19)	104,31 \pm 42,39 (45,0–226,2)	37,36 \pm 21,73 (10,5–91,6)	98,82 \pm 17,88 (80,0–125,0)	88,66 \pm 19,20 (65,0–132,5)
Feminino (n=28)	96,99 \pm 25,78 (50,0–156,4)	33,28 \pm 16,67 (11,7–83,8)	101,48 \pm 16,78 (50,0–142,5)	77,50 \pm 13,93 (60,0–132,5)

() variação dos valores encontrados.

o consumo de zinco alcançou 75% do recomendado, sendo que metade das moças consumiam menos que dois terços da quantidade recomendada. Em relação ao ferro, a ingestão inadequada por adolescentes do sexo feminino também foi observada. Assim sendo, Bergström et al.(1995)²¹, analisando a dieta de 731 adolescentes suecos, com médias de idade de 14 a 17 anos, relataram que a ingestão de ferro foi 1,6 vezes do recomendado para rapazes, e 0,9 vezes do recomendado para moças. Os resultados que encontramos em relação a ingestão de ferro são bastante desfavoráveis para as adolescentes, pois estas ainda não estão sofrendo as perdas menstruais e possivelmente entrarão na idade reprodutiva com baixos estoques de ferro. Sendo estes minerais bastante importantes para o crescimento, tornam-se preocupantes as baixas ingestões encontradas.

Tabela 6 - Correlação* entre índice de massa corporal – IMC, concentração sérica ($\mu\text{g/dl}$) de Fe, Ferritina (Fer), Cu e Zn e ingestão dietética (mg) de Fe, Cu e Zn pelos adolescentes do sexo masculino e feminino no estirão pubertário

Correlação	Adolescentes	
	Masculino [†]	Feminino [‡]
IMC x Fe sérico	0,260	-0,141
IMC x Cu sérico	0,070	0,303
IMC x Zn sérico	0,180	-0,280
IMC x Ferritina	0,250	-0,096
Fe sérico x Ferritina	0,178	0,006
Fe sérico x Fe dietético	-0,139	0,094
Cu sérico x Cu dietético	0,290	-0,760
Zn sérico x Zn dietético	-0,480	0,336
Fe sérico x Ferritina	0,178	0,006

* coeficiente de correlação de Spearman

† r crítico = 0,44

‡ r crítico = 0,38

A análise bioquímica mostrou que todos os adolescentes apresentaram valores de ferro e zinco dentro do padrão de referência. Em relação ao ferro, há relato com resultado similar a este estudo, porém não considera o estirão pubertário²². Os meninos têm maior risco de deficiência de ferro durante o período inicial da adolescência, que corresponde ao período de crescimento rápido. Muitas meninas apresentam risco de deficiência mais tarde, o qual provavelmente se traduz pelas perdas de ferro ligadas às perdas menstruais²³. No presente estudo, parece que no estirão pubertário estes riscos de deficiência estavam atenuados, já que o ferro sérico estava normal na amostra estudada (Tabela 5). O maior ganho de massa muscular, portanto maior necessidade de ferro, é alcançado no pico do estirão somente no sexo masculino, pois no sexo feminino isto ocorre por ocasião da menarca, ou seja, após o estirão. Considerando os estádios do estirão pubertário, Castillo-Durán et al.²⁴ investigaram o efeito da suplementação de zinco no período de um ano em adolescentes chilenos com baixa estatura idiopática, separado-os em grupos de impúberes (estádio I) e púberes (outros estádios). Para os adolescentes, nos dois sexos, que receberam placebo e cursavam a puberdade, o valor médio de zinco sérico foi adequado. Porém, neste estudo, estavam incluídos os adolescentes que ainda iriam entrar no estirão (os rapazes em G₂), aqueles que efetivamente estavam no estirão (G₃ e G₄), e os que já haviam passado do estirão (G₅). Outro trabalho que também considerou o estirão pubertário não relatou diferenças significativas na concentração de zinco sérico de adolescentes agrupados nos estádios de Tanner em 1-2, 3 e 4-5 para os dois sexos. Quando agrupados por idade, os rapazes de 13 a 14 anos apresentaram diminuição significativa de zinco sérico, comparado com grupos de outras idades. Devido a isso, os autores sugeriram que rapazes apresentam demanda de zinco aumentada nos primeiros estágios da puberdade. Mesmo classificando os adolescentes nos estádios de Tanner, os que estavam no estirão pubertário foram misturados com os impúberes e os pós-puberdade²⁵.

Em relação à ferritina, três rapazes e uma moça estavam com valores abaixo do adotado como referência, possivelmente devido à maior formação de massa muscular nos rapazes do que nas moças no período do estirão. Quando se observa que 18 moças estão com ingestão inadequada de ferro, e toda a amostra exibe valores séricos normais de ferro e ferritina (Tabelas 4 e 5), pode-se pensar que os estoques de ferro estão sendo mobilizados para manter estes níveis, pois a concentração do ferro sérico reflete o equilíbrio entre ferro absorvido, ferro utilizado na síntese de hemoglobina, ferro liberado na destruição de eritrócitos e o tamanho do compartimento de depósito, ou seja, representa um equilíbrio preciso entre a entrada e a saída do ferro da circulação.

Quando se classificou os adolescentes nos percentis do IMC, três moças eram obesas (Tabela 3). Apesar de estudos nacionais representativos da obesidade na adolescência serem escassos, trabalho multicêntrico realizado nas cinco regiões brasileiras, avaliando 13.715 adolescentes na faixa etária de 10 a 19 anos de idade, relatou a prevalência maior de sobrepeso e obesidade no sexo feminino²⁶. Em virtude do risco de obesidade ser maior depois da menarca, e a obesidade na adolescência persistir até a vida adulta, a constatação da obesidade em adolescentes no estirão, isto é, antes da menarca, é bastante preocupante.

Não houve correlação entre o IMC e os níveis séricos de ferro, ferritina, cobre e zinco nos dois sexos (Tabela 6), o que provavelmente indica aumento na absorção intestinal de ferro para atender as demandas deste mineral durante o estirão pubertário. Vale ressaltar que o hormônio do crescimento mobiliza os estoques de ferro, e pode estar influenciando estes resultados. Laitinen *et al.*²⁷, em estudo com adolescentes, mostraram correlação positiva para o cobre, porém abrangendo as fases pré e pós-estirão pubertário, o que impossibilita a comparação com nossos resultados. Antilla *et al.*²², em estudo longitudinal, durante dois anos, na Finlândia, que envolveu 60 adolescentes do sexo masculino, mostraram que houve queda nos valores de ferritina sérica no decorrer de dois anos de seguimento, porém não conseguiram correlacionar os estoques de ferro com o ferro sérico, nem tampouco a ferritina com o IMC.

Os níveis séricos de ferro, cobre e zinco não apresentaram correlação com a sua ingestão dietética nos dois sexos, exceto o zinco, que nos adolescentes do sexo masculino teve correlação fraca e negativa, não sendo estatisticamente significativa (Tabela 6). Outros trabalhos sobre o *status* de ferro na adolescência correlacionaram outros parâmetros de ferro com a ingestão deste mineral. Assim sendo, Fernández-Ballart *et al.*²⁸, na Espanha, estudando 302 crianças saudáveis na faixa etária de 6 meses a 15 anos de idade, não encontraram correlação entre os nutrientes ingeridos e os parâmetros bioquímicos. Greger *et al.*²⁰ não acharam correlação entre ingestão de ferro, hemoglobina e hematócrito em adolescentes do sexo feminino.

Parece que a concentração sérica de ferro sofre outras influências tão importantes quanto a da ingestão dietética.

Sabe-se que a anemia é doença nutricional de maior prevalência mundial, que começa na infância e persiste na adolescência, porém, no Brasil, estudos epidemiológicos em adolescentes são poucos, em comparação com os demais grupos de risco. Nos países em desenvolvimento, a prevalência de anemia na adolescência tem taxas elevadas, que podem variar de 9 a 50%²⁹. A interação entre os minerais é de extrema importância para o seu aproveitamento pelo organismo. Rodriguez-Matas *et al.*³⁰, estudando ratos deficientes em ferro, demonstraram que a restrição de ferro após 30 a 40 dias provocou alterações marcantes no metabolismo do cobre e do zinco.

Apesar de 9 rapazes e 12 moças apresentarem ingestão de cobre inadequada, a concentração sérica da maioria dos adolescentes estava adequada (Tabelas 4 e 5). Este fato poderia ser explicado pela secreção de estrógeno, que aumenta os níveis de cobre sérico³¹. Klevay sugere que os valores de cobre sérico são proporcionais ao nível de estrógeno circulante³². Outra explicação seria o mecanismo de regulação do cobre pelo organismo, ou seja, quando a ingestão de cobre é baixa, o organismo se protege da depleção, excretando pequenas quantidades, isto é, a eficiência da absorção de cobre varia inversamente à quantidade de cobre ingerida³³. Turlund *et al.*³⁴ observaram que, apesar da baixa ingestão de cobre, os adolescentes tiveram balanço positivo. Esta situação sugere que o limite mínimo estabelecido pela faixa de recomendação está muito alto, ou a deficiência marginal de cobre pode ser comum, mas difícil de diagnosticar, ou a água fornece quantidade adicional de cobre para alcançar as necessidades, ou, ainda, a combinação destes fatores.

Pode-se observar que a maioria dos adolescentes (Tabela 1) apresentou ingestão dietética de zinco inadequada (15 rapazes e 22 moças), abaixo das recomendações (RDA); no entanto, estavam com níveis séricos de zinco normais. Sabe-se que o zinco sérico está diminuído quando a restrição na dieta ocorre por período de tempo prolongado. Sendo assim, os resultados aqui observados podem ser explicados pela habilidade do organismo em fazer ajustes homeostáticos a diferentes níveis de ingestão de zinco. Parece ser difícil determinar o nível de ingestão de zinco abaixo da recomendação, no qual o organismo não consiga fazer a compensação. Assim, as deficiências de zinco provavelmente ocorrem em função de alguma falha na resposta homeostática compensatória do organismo, ou pela baixa ingestão dietética a longo prazo. O zinco desempenha papel importante no crescimento e na maturação sexual, como já demonstrado em trabalho realizado com primatas saudáveis³⁵, mostrando que o zinco dietético pode ser um fator limitante do crescimento na adolescência. Assim sendo, os primatas em estirão pubertário que sofreram privação de zinco, mas com ingestão adequada de outros nutrientes, apresentaram retardo no crescimento, na maturação sexual e diminuição de zinco sérico.

Embora os adolescentes estejam ingerindo cobre e zinco abaixo das recomendações, os tradicionais indicado-

res bioquímicos do estado nutricional destes minerais exibem valores dentro da faixa de normalidade. Não está claro se as recomendações diárias de ingestão podem estar desnecessariamente altas, ou se os indicadores bioquímicos comumente utilizados não tenham sensibilidade e especificidade necessárias para avaliar o estado nutricional destes minerais. Não sabemos se os valores séricos individuais de zinco e cobre flutuam durante o crescimento, ou se cada indivíduo tem um nível bastante estável destes minerais durante o crescimento, o que aponta para a necessidade de estudos populacionais comparando os níveis de ferro, cobre e zinco antes e após o estirão pubertário dos adolescentes.

A literatura, de modo geral, utiliza a distribuição por faixa etária, e não o momento fisiológico (maturação sexual) em que o adolescente se encontra. Durante as mudanças corporais que acontecem nos diversos estádios de maturação, são necessários cuidados nutricionais diferentes para cada sexo. Além disso, o ferro, o cobre e o zinco são elementos transacionais com interações biológicas fortemente relacionadas, fazendo-nos questionar se a suplementação de ferro é válida ou não neste momento tão importante de crescimento dos adolescentes.

Referências bibliográficas

- Jacobson MS. Nutrição na adolescência. *Anais Nestlé* 1998; 55:24-33.
- Saito MI. Padrões do desenvolvimento pubertário e suas variações. In: Setian N, editor. *Endocrinologia pediátrica*. São Paulo: Sarvier; 1989.p.44-7.
- Eisenstein E. Nutrition y salud en la adolescencia. In: Maddaleno M, Munist MM, Serrano CV, Silber TJ, Ojeda ENS, Yunes J, editores. *La salud del adolescente y del joven*. Publicación científica No. 552. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud; 1995.p.144-54.
- Bianculli CN. Physical growth and development in adolescents. In: *The health of adolescents and youths in Americas*. Scientific Publication No. 489. OMS; 1985.p.45-50.
- Weinfeld A. Iron stores. In: Harwerth HG, Vannott A, editores. *Iron deficiency*. London: Academic Press; 1970.p.329.
- Nelson M. Anemia in adolescent girls. *Proc Nutr Soc* 1996;55: 359-67.
- Vanderkooy PDS, Gibson RS. Food consumption patterns of Canadian preschool children in relation to zinc and growth status. *Am J Clin Nutr* 1987;45:609-16.
- Tanner JM. *Growth at adolescence*. 2ª ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1962.
- Dwyer JT. Dietary assessment. In: Shils ME, Olson JA, Shike M, editores. *Modern nutrition in health and disease*. 8ª ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1994.p.842-60.
- Philippi ST, Szarfac SC, Latterza AR. *Virtual Nutri – Sistema de análise nutricional*. Versão 1.0 for windows. 1996.
- National Research Council. *Recommended Dietary Allowance*. 10ª ed. Washington DC: National Academy Press; 1989.
- Rolland-Cachera MF, Cole TJ, Sempe M, Tichet J, Rossignol C, Charraud A. Body mass index variations: centiles from birth to 87 years. *Eur J Clin Nutr* 1991;45:13-21.
- Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht²) and triceps skinfold thickness. *Am J Clin Nutr* 1991;53:834-46.
- Himes JH, Dietz WH. Guidelines for overweight in adolescent preventive services: recommendations from an expert committee. *Am J Clin Nutr* 1994;59:307-16.
- Soldin SJ, Brugnara C, Hicks JM. *Pediatric reference ranges*. 3ª ed. Washington DC: AACC Press; 1999.
- Finch CA, Bellotti V, Stray S, Lipschitz DA, Cook JD, Pippard MJ, et al. Plasma ferritin determination as a diagnostic tool. *West J Med* 1986;145:657-63.
- Siegel S, Castellan JR. *Nonparametric statistics*. 2ª ed. New York: McGraw-Hill; 1988.p.399.
- De Oliveira JED, Cunha SFC, Marchini JS. A desnutrição dos pobres e dos ricos: dados sobre a alimentação no Brasil. São Paulo: Savier; 1996.p.123.
- Sloane BA, Gibbons CC, Hegsted M. Evaluation of zinc and copper nutritional status and effects upon growth of southern adolescent females. *Am J Clin Nutr* 1985;42:235-41.
- Greger JL, Higgins MM, Abernathy RP, Kirksey A, DeCorso MB, Baligar P. Nutritional status of adolescent girls in regard to zinc, copper, and iron. *Am J Clin Nutr* 1978;31:269-75.
- Bergström E, Hernell O, Lönnerdal B, Persson LA. Sex differences in iron stores of adolescents: What is normal? *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1995;20:215-24.
- Antilla R, Cook JD, Siimes MA. Body iron stores in relation to growth and puberal maturation in health boys. *Brist J Haematol* 1997;96:12-18.
- Galan P, Deheeger M, Hercberg S. La deficiencia de hierro durante la adolescencia. *Anales Espanoles de Pediatria* 1992;36 Supl 49:90-4.
- Castillo-Durán C, Garcia H, Venegas P, Trrealba I, Pantéon E, Concha N, et al. Zinc supplementation increases growth velocity of male children and adolescents with short stature. *Acta Paediatr* 1994;83:833-37.
- Michaëlsson A, Vahlquist A, Juhlin T, Mellbin T, Bratt L. Zinc and vitamin A: serum concentrations of zinc and retinol protein (RBP) in health adolescents. *Scand J Clin Lab Invest* 1976;36: 827-32.
- Neutzling MB, Taddei JA, Rodriguez EM, Sigulen DM. Overweight and obesity in Brazilian adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:869-74.
- Laitinen R, Vuori E, Dahlström S, Akerblom HA. Zinc, copper, and growth status in children and adolescents. *Pediatr Res* 1989;25:323-26.
- Fernández-Ballart J, Doménech-Massons JM, Sala J, Arija V, Martí-Henneberg C. The influence of nutrient intake on the biochemical parameters of iron status in a health paediatric Mediterranean population. *Eur J Clin Nutr* 1992;46:143-49.
- Vitalle MSS, Queiróz SS. Anemia carencial ferropriva na adolescência. In: Costa MCO, Souza RP, editores. *Adolescência: aspectos clínicos e psicossociais*. Porto Alegre: Artmed; 2001. p.30-7.
- Rodríguez-Matas MC, Lisbona F, Gomez-Ayala AE, Lopez-Aliag I, Campos MS. Influence of nutritional iron deficiency development on some aspects of iron, copper and zinc metabolism. *Lab Anim* 1998;32:298-306.
- Henkin RI. Trace metals in endocrinology. *Med Clin North Am* 1976;60:779-97.
- Klevay LM, Reck SJ, Jacob RA, Logan GM Jr, Munos JM, Sanstead HH. The human requirements for copper. I. Health men fed conventional, Americans diets. *Am J Clin Nutr* 1980;33:45-50.

33. Wapnir RA. Copper absorption and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 1998;67 Supl:1054-60.
34. Turlund JR, Keyes WR, Anderson HL, Acord LL. Copper absorption and retention in young men at three levels of dietary copper by use of stable isotope ^{65}Cu . *Am J Clin Nutr* 1989; 49:870-8.
35. Golub MS, Keen CL, Gershwin ME, Styne DM, Takeuchi PT, Ontell F, et al. Adolescent growth and maturation in zinc-deprived rhesus monkeys. *Am J Clin Nutr* 1996; 64:274-82.

Endereço para correspondência:

Dra. Marcia R.D. Urbano

Rua Luis de França Júnior, 100 - casa 62

CEP 04648-070 – São Paulo, SP

Fone: (11) 5549.8993

E-mail: vitalle.dped@epm.br