

Densidade Mineral Óssea em Adolescentes Portugueses

CARLA REGO *, ANTÓNIO GUERRA *, JORGE PEREIRA **, DIANA SILVA *, SUSANA LOURENÇO *,
ISABEL RAMOS **, NORBERTO TEIXEIRA SANTOS *

* Faculdade de Medicina da Universidade do Porto. Departamento de Pediatria do Hospital de S. João / Unidade de Nutrição

** Laboratório de Radioisótopos da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

Resumo

Introdução. A osteoporose é hoje considerada um grave problema de saúde pública nos países desenvolvidos, não só devido ao elevado índice de absentismo ao trabalho que condiciona, mas também aos elevados custos que acarreta. Embora as manifestações clínicas ocorram apenas na idade adulta, a osteoporose é uma doença com início na idade pediátrica, consistindo pois a prevenção na melhor arma terapêutica disponível. Para além de determinantes genéticos, outros factores, nomeadamente endócrinos e ambientais, são responsáveis pela modulação da expressão individual do pico de massa óssea. De entre estes últimos, o cálcio e o exercício físico são os mais apontados como condicionantes do acréscimo de massa óssea registado durante a infância e adolescência. Sendo conhecida no nosso país a situação referente à ocorrência da doença e suas consequências na idade adulta, ela é totalmente desconhecida no que respeita à população adolescente. É assim objectivo do presente trabalho caracterizar transversalmente o estado de mineralização óssea de uma população de adolescentes portugueses. **População e métodos.** Foram avaliados 200 adolescentes. Protocolo de estudo: avaliação nutricional e da maturidade sexual (Tanner), caracterização dos hábitos alimentares (registo da dieta de 3 dias) e DEXA da coluna lombar (L1-L4). **Resultados.** Regista-se uma concordância para a idade cronológica média em ambos os sexos (14,6 anos; mínimo 12 – máximo 18), apresentando o sexo feminino indicadores de uma maior maturidade biológica (Tanner) ($p < 0,0001$). Observa-se um adequado estado de nutrição para ambos os sexos, apresentando o sexo feminino valores significativamente superiores de gordura periférica ($p < 0,01$) e massa gorda total ($p < 0,05$). A dieta efectuada pela globalidade dos adolescentes é desequilibrada, caracterizada por um elevado suprimento em proteína e gordura. O suprimento alimentar em cálcio é adequado para ambos os sexos. Quando considerada a totalidade da amostra, registam-se valores significativamente superiores ($p < 0,01$) de densidade mineral óssea (DMO) para o sexo feminino. No entanto, quando a massa óssea (MO), referenciada à % zscore, é estudada comparativamente em

análise de variância em função dos factores idade cronológica, sexo e Tanner, verifica-se uma forte associação do estadió pubertário com o valor da MO ($p < 0,0001$), não se registando diferenças significativas entre os dois sexos. De igual modo, quando a DMO é estudada, como variável dependente, em modelo de regressão linear múltipla, as únicas variáveis aceites no modelo matemático, com variâncias explicadas muito elevadas, foram o IMC, o estadió pubertário e a idade cronológica. **Conclusões.** Os adolescentes estudados apresentam uma adequada densidade mineral óssea. A velocidade do acréscimo de massa óssea durante a adolescência é directamente dependente da maturidade biológica, registando-se uma forte associação entre a densidade mineral óssea e o índice de massa corporal, a idade cronológica e o estadió pubertário.

Palavras-Chave: Densidade mineral óssea, adolescência.

Summary

Bone Mineral Density in Portuguese Healthy Adolescents

Background: Osteoporosis, a major problem on public health in developed countries, is currently a pediatric disease. Beyond genetic determinants and endocrine stability, a balanced diet, appropriate calcium intake and physical exercise are major environmental factors that influence individual peak bone mass. Adolescence is a vital period of life for an accurate acquisition of bone mass (BM). This age is also characterized by great inactivity and incorrect nutritional behaviour, that can irreversibly compromise bone mineralization process, with osteopenia and precocious osteoporosis. There are no previous studies in adolescents in Portugal, regarding bone mineralization. The aim of the study is to evaluate bone mass density (BMD) status in a group of portuguese adolescents. **Material and methods:** 200 (99males and 101 females) healthy sedentary adolescents were studied. Protocol of study: nutritional assessment and sexual maturation (Tanner) was evaluated, as also food-habits (3 days-record) and bone mineralization status (DEXA L1-L4). **Results:** The mean chronological age was 14,6 years (min=12; max=18; SD=1,8). Besides the same chronological age in both sexes, girls show indicators of greater biological maturity (Tanner) ($p < 0,0001$). Both sexes have an adequate nutritional status, the girls having significantly higher values of peripheral ($p < 0,01$) and total ($p < 0,05$) body fat. Both sexes have an unbalanced diet, with high supply in total fat ($34,1 \pm 5,1\%$ total caloric intake) and

Correspondência: Carla Rego
Departamento de Pediatria. Hospital S. João
Alameda Prof. Hernani Monteiro
4200 Porto – Portugal
Telf.: 351 2 502 71 51 (ext. 1418)
Fax: 351 2 550 59 19
E-Mail: RDC02245@mail.telepac.pt

Aceite para publicação em 03/09/99.
Entregue para publicação em 18/03/99.

proteins ($17,7 \pm 1,9\%$ total caloric intake), and calcium supply within recommended values ($85,2 \pm 6,2\%$ RDA). When considered all sample, girls showed significantly higher values ($p < 0,01$) for BMD. Besides, when BM, referred to % zscore, is studied comparatively in variable analysis in function of chronological age, gender and Tanner, we observe a high association between Tanner stage and BM ($p < 0,0001$), with no significative differences between sex. BMD is only dependent from BMI, Tanner stage and chronological age ($r_2 = 67,5$; $F = 115,2$; $p = 0,000$). **Conclusion:** The adolescents have an adequate BMD. Velocity of bone mass accretion during adolescence is directly dependent on biological maturity, showing a strong association between BMD and BMI, chronological age and Tanner stage.

Key-Words: Bone mineral density; adolescence.

Introdução

A osteoporose é actualmente considerada uma causa importante de morbilidade, mortalidade e de elevados custos médicos a nível mundial, constituindo assim uma preocupação para as autoridades de saúde pública.

A Conferência de Consensos, realizada em 1991, define osteoporose como «uma doença caracterizada por escasso massa óssea e deterioração da arquitectura do tecido ósseo, que condiciona maior fragilidade do mesmo e um perigo maior de fracturas»⁽¹⁾. Segundo a OMS, considera-se a existência de osteoporose quando o valor da densidade mineral óssea (DMO) do indivíduo é inferior a -2,5 desvios padrão (DP) do valor médio definido para uma população da mesma idade e sexo, registando-se uma situação de osteopenia quando o valor apresentado é inferior a -1 DP mas superior a -2,5 DP⁽²⁾. Com base nestes critérios, está calculado em 200 milhões o número de indivíduos em todo o mundo que sofre de osteoporose. Ainda segundo a mesma fonte (OMS), 20 a 30% dos adultos que sofrem fractura osteoporótica do colo do fémur morrerão no decurso do ano seguinte à mesma, e dos restantes, 50% perderão a sua capacidade para deambular autónomamente. Em Portugal, está actualmente estimado em 500 a 750 mil o número de adultos que sofrem de osteoporose, sendo da responsabilidade desta patologia a ocorrência de 5 a 6 mil fracturas/ano, que afectam predominantemente o sexo feminino (3:1), correspondendo o seu tratamento cirúrgico a 10% do total das grandes cirurgias ortopédicas⁽³⁾. O tratamento das fracturas osteoporóticas da anca tem um custo estimado correspondente a 1% do orçamento anual da saúde portuguesa, com tendência a aumentar⁽³⁾.

É sabido que o osso é um tecido metabólicamente activo, em remodelação constante desde a vida fetal, registando-se uma aceleração da actividade metabólica durante a infância e adolescência^(4, 5). O aumento da massa óssea decorre desde a concepção até ao final da

segunda ou até quarta décadas de vida, conforme os autores^(6, 7). Vários trabalhos mostram que mais de 90% do pico de massa óssea individual (PMO) está presente aos 18 anos^(8, 9), sendo este indicador o maior determinante da densidade óssea (DO) na idade adulta⁽¹⁰⁾. A maximização do PMO durante o crescimento e desenvolvimento, concomitantemente com a prevenção da perda de MO na idade adulta, constituem pois a única atitude que permitirá reduzir o risco de osteoporose e fractura osteoporótica⁽¹¹⁾.

A dinâmica do metabolismo ósseo difere em função do sexo. Assim, a mulher adquire o PMO no final da segunda década de vida, verificando-se uma estabilidade do seu valor total até cerca do final da terceira década, quando se inicia uma remoção gradual dos depósitos minerais bem como da matriz proteica⁽¹²⁾. No sexo masculino, a aquisição do PMO (25-30 anos), bem como a idade de início e a velocidade da remoção são mais tardios, verificando-se de uma forma mais lenta. Factores de ordem endócrina, nomeadamente o início mais precoce da puberdade na mulher, parecem ter um papel mais preponderante do que factores constitucionais ou ambientais, na aquisição de MO durante a adolescência^(3, 13).

Embora 60 a 80% do valor individual do PMO seja geneticamente condicionado, uma percentagem substancial (20 a 30%), bem como a capacidade da expressão fenotípica deste potencial genético, são dependentes de factores extrínsecos, nomeadamente factores ambientais, registados durante a infância e adolescência⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. De entre estes, a saúde em geral, o adequado suprimento alimentar em cálcio, a normal progressão da puberdade e a actividade física são considerados os mais importantes^(17, 18).

É sabido que a percentagem de retenção orgânica de cálcio depende de factores relacionados com a capacidade absorptiva individual, mas também de factores exógenos, nomeadamente o teor alimentar em proteínas, gordura, sódio e fósforo. Tendo em conta as necessidades para o crescimento e para compensar as perdas, e efectuado o ajuste para a absorção, as necessidades diárias em cálcio durante a adolescência estão estimadas em 1200 mg/dia (RDA). Vários trabalhos comprovam a existência de um compromisso da massa e mineralização ósseas, e também do crescimento esquelético, em crianças e adolescentes que efectuam suprimentos alimentares deficientes em cálcio (inferiores a 60% das RDA)^(18, 19), e que, mesmo sendo transitório o défice do suprimento, o compromisso do PMO registado é apenas parcialmente reversível⁽¹⁸⁾.

A puberdade é marcada pela aceleração do crescimento esquelético, aumento da massa corporal total e aumento relativo e absoluto de massa gorda, mais marcado no sexo feminino. O adipócito é uma importante fonte extra-gonadal produtora de estrogénios, através da

aromatização do androgénio androstenodiona transformando-o no estrogénio estrona, metabolicamente mais activo. A mineralização do osso trabecular é particularmente influenciada pelo ambiente hormonal (estrogénios), registando-se uma duplicação do seu acréscimo durante a puberdade, nomeadamente na coluna vertebral e grande trocanter, contrariamente ao que se regista no osso cortical (rádio) ⁽⁹⁾. O início da puberdade é pois marcado por uma subida exponencial do valor da MO, registando-se neste período uma aquisição de cerca de 60% do seu valor final.

Finalmente, a importância da actividade física na aquisição e manutenção da MO é hoje consensualmente defendida ^(20, 21). Em 1992, em San Diego – California (USA), o Consenso Internacional sobre Normas Reguladoras da Prática de Exercício Físico na Infância e Adolescência recomendou a prática de 2 a 3 sessões semanais de exercício físico, com intensidade moderada (60% da frequência cardíaca máxima), envolvendo os grandes grupos musculares, de modo a obter benefícios na formação de MO ⁽²²⁾. A imobilização, mesmo por curtos períodos de tempo, resulta em osteopenia, como pode ser observado em doentes acamados e em astronautas ⁽²³⁻²⁵⁾. São 3 os mecanismos apontados como possíveis responsáveis pelo efeito da actividade muscular no osso: uma influência neuronal directa, uma revascularização com consequente alteração do fluxo sanguíneo ósseo e finalmente o «stress» mecânico resultante da tensão e força musculares ⁽²⁶⁾. De acordo com a hipótese de Woltt e Frost, o uso biomecânico representa o estímulo mais importante para activar o sistema esquelético ^(27, 28). Segundo alguns autores, embora o suprimento alimentar em cálcio na infância e adolescência tenha influência no acréscimo de MO, a actividade física é o factor predictivo mais significativo da DMO, justificando um acréscimo de 5 a 7% na taxa de mineralização ^(9, 29-31). Em situações de treino intenso (>18 horas/semana), podem no entanto registar-se sinais de sobrecarga, com repercussões no ambiente hormonal e consequentemente compromisso da mineralização óssea ⁽³²⁻³⁵⁾. O desenvolvimento muscular induzido pelo exercício físico, para além da nutrição adequada e da estabilidade hormonal, desempenha assim um papel decisivo na maturação e formação do sistema esquelético.

Sendo totalmente desconhecida a situação da saúde óssea da população adolescente portuguesa, é no entanto do nosso conhecimento a existência de crescentes indicadores de sedentarismo e de graves perturbações de comportamento alimentar registadas nesta faixa etária ^(34, 36).

Tem pois como objectivo o presente trabalho, caracterizar o estado de mineralização óssea de adolescentes portugueses.

Material e Métodos

Foram estudados 200 adolescentes de ambos os sexos, alunos de duas escolas da cidade do Porto.

1. Selecção da amostra

Foram aceites as inscrições provisórias de todos os interessados em participar, definindo-se como critérios de inclusão no trabalho a condição de serem saudáveis, sem patologia crónica, não praticarem desporto organizado, e não efectuarem qualquer terapêutica que comprovadamente interferisse com o processo de mineralização óssea. Da totalidade dos inscritos (N=480), com idades compreendidas entre os 12 e os 18 anos, procedeu-se a uma selecção aleatória respeitando os seguintes critérios:

a) aceitação máxima de 200 candidatos.

b) distribuição equitativa da totalidade da amostra por sexo e escalão etário.

2. Protocolo de estudo

O estudo constou, entre outros aspectos, de uma avaliação inicial em que se procedeu para cada adolescente às seguintes observações:

2.1. Avaliação antropométrica, do estado de nutrição e da composição corporal.

Procedeu-se à determinação do peso e estatura ⁽³⁷⁾, e ainda à medição das pregas cutâneas tricípital, bicipital, subescapular e supra-iliaca utilizando para o efeito um lipocalibrador Harpender®. Para cada parâmetro antropométrico avaliado foi utilizado o valor médio de três medições. Foi posteriormente calculado o índice de massa corporal de Quetlet (IMC) ⁽³⁸⁾, e ainda a massa gorda corporal total segundo a equação de Durnin ⁽³⁹⁾. Foram utilizados como padrões de referência para o peso, estatura e IMC as Tabelas do National Center of Health Statistics ⁽⁴⁰⁾, para as pregas cutâneas tricípital e subescapular as Tabelas de Frisancho ⁽⁴¹⁾, e para a massa gorda as Tabelas de Hashke ⁽⁴²⁾.

2.2. Caracterização da maturidade sexual (Tanner) e do ciclo menstrual na rapariga (Brook)

A maturidade sexual foi avaliada segundo os critérios de Tanner ⁽⁴³⁾, e no sexo feminino, os dados referentes à menarca e caracterização do ciclo menstrual foram obtidos por questionário oral, e classificados segundo os critérios de Brook ⁽⁴⁴⁾.

2.3. Caracterização do perfil alimentar

A cada adolescente, após explicação e exemplificação, foi entregue um dossier onde deveria ser registada a dieta de 3 dias. Os alimentos foram quantificados em nutrientes, segundo programa informático ⁽⁴⁵⁾. Como padrão das necessidades energéticas e em nutrientes, utilizámos as

«Recommended Dietary Allowences (RDA's) – US Food and Nutrition Board (FNB)»⁽⁴⁶⁾.

2.4. Determinação da densidade mineral óssea (DMO)

O estudo da densitometria foi realizado na coluna lombar (L1-L4), por DEXA (dual-energy X-ray absorptiometry), utilizando para o efeito um Hologic 1500. O coeficiente de variação para varrimentos repetidos da coluna lombar é de 1.8%. O coeficiente de erro do método usado é de 1%. A dose de radiação recebida é de aproximadamente 5mRem.

2.5. Tratamento estatístico

Os resultados referentes à caracterização morfológica e dos hábitos alimentares são expressos em percentagens para os valores de referência. Utilizou-se para o estudo comparativo o teste t de Student e a análise de variância (one-way ANOVA), bem como o teste do chi quadrado. Foi também efectuado o estudo de regressão linear múltipla utilizando modelo que considerou a DMO como variável dependente e a idade cronológica, os indicadores do estado nutricional, da maturidade biológica e do comportamento alimentar como variáveis independentes. Consideraram-se significativos os resultados conducentes a um valor de $p < 0,05$.

O projecto foi previamente sujeito a análise, obtendo aprovação pela Comissão de Ética.

Resultados

A caracterização da população pode ser observada no Quadro I.

QUADRO I

Caracterização da população (n=200). Idade cronológica (média, desvio padrão, mínimo e máximo) e Tanner (%) por sexos

	Sexo	
	Feminino (n=101)	Masculino (n=99)
Idade Cronológica (anos)	14.6 (1.7) (12.0 - 18.7)	14.6 (1.8) (12.0 - 18.9)
Estadio Tanner (%)		
1	1.0	4.4
2	7.2	32.2
3	7.2	14.4
4	8.2	13.3
5	76.3	35.6
		$p < 0.0001$

Os dados referentes à análise descritiva da totalidade da população, separada por sexos, no que respeita aos parâmetros antropométricos, estado de nutrição, composição corporal e mineralização óssea, podem ser observados nos Quadros II e III.

QUADRO II

Antropometria (peso e estatura) e estado de nutrição (soma de pregas cutâneas e IMC) em % Pc50, composição corporal (massa gorda) em % VR. Médias (M) e intervalos de confiança (IC) a 95% por sexo

	Sexo feminino (n=101)		Sexo masculino (n=99)		p
	M	IC.95%	M	IC.95%	
Peso	103,5	(99,9 - 107,0)	100,8	(97,1 - 104,5)	0,297
Estatura	98,6	(97,8 - 99,5)	98,7	(97,9 - 99,4)	0,789
IMC	107,9	(105,0 - 110,8)	103,1	(100,0 - 106,1)	0,023
Σ pregas	107,4	(99,6 - 115,2)	90,4	(82,9 - 97,9)	0,002
% MG	118,3	(113,1 - 123,4)	110,0	(105,0 - 114,9)	0,023

QUADRO III

Densidade mineral óssea (DMO) (g/cm^2), zscore (zs) e percentagem de zscore (% zs). Médias (M) e intervalos de confiança (IC) a 95% por sexo

	Sexo feminino (n=93)		Sexo masculino (n=90)		p
	M	IC.95%	M	IC.95%	
DMO	0,90	(0,87 - 0,93)	0,85	(0,82 - 0,87)	0,008
zs	-0,11	(-0,31 - 0,09)	-0,75	(-0,95 - 0,54)	0,000
% zs	98,7	(88,9 - 93,5)	91,2	(88,8 - 93,5)	0,0001

O sexo feminino apresenta melhores indicadores actuais e predictivos de massa óssea, registando-se diferenças estatisticamente significativas entre os dois sexos.

Na Figura 1 é caracterizado o padrão alimentar dos adolescentes estudados, divididos por sexo.

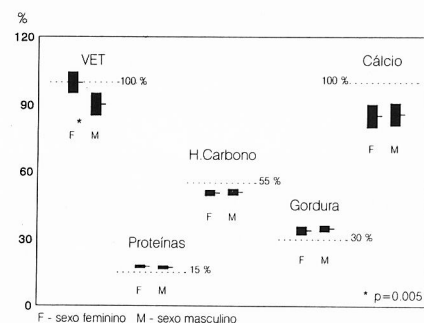


FIG. 1 – Caracterização do comportamento alimentar (registro de 3 dias). Valor energético total (%RDA), macronutrientes (%VET) e cálcio (%RDA): médias e desvios-padrão por sexos.

O suprimento em magnésio, fósforo e ferro encontra-se dentro das recomendações (RDA).

A caracterização do estado de mineralização óssea para a totalidade da população estudada e em função da distribuição por idade cronológica, pode ser observada no Quadro IV.

QUADRO IV

Caracterização do estado de mineralização óssea em função do sexo e da idade cronológica (IC) (N=183)

IC (anos)	Sexo feminino					Sexo masculino				
	N	DMO	dp	zscore	dp	N	DMO	dp	zscore	dp
12	26	0.81	0.12	-0.01	1.18	26	0.70	0.07	-1.09	0.80
13	14	0.84	0.97	0.84	0.10	11	0.71	0.03	-1.50	0.29
14	16	0.90	0.10	-0.16	0.92	17	0.84	0.12	-0.80	1.20
15	23	0.97	0.08	-0.06	0.78	15	0.92	0.12	-0.47	1.07
16	14	0.98	0.10	-0.25	0.88	17	0.98	0.09	-0.38	0.86
≥ 17	5	1.02	0.12	0.04	1.10	9	1.05	0.13	0.04	1.15

A distribuição por idades da percentagem de zscore da totalidade da população pode ser observada na Figura 2.

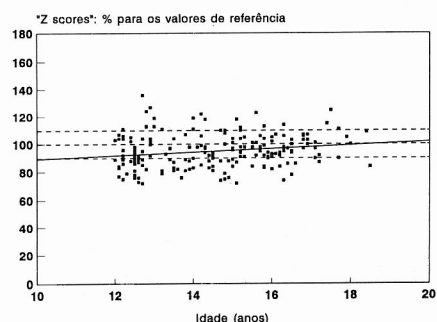


FIG. 2 – z-scores: percentagem relativa aos valores de referência. Distribuição por idades (N=183).

O estudo comparativo entre a percentagem de zscore em função do sexo, grupo etário e maturidade biológica (Tanner) pode ser observado no Quadro V.

A percentagem de zscore em função da maturidade biológica (médias e IC 95%), bem como a curva de tendência ao longo da puberdade, podem ser observadas nas Figuras 3 e 4.

No modelo de regressão linear múltipla estudado (Quadro VI), em que a DMO foi considerada variável dependente, sendo as características antropométricas, o estado de nutrição, a maturidade sexual e os factores externos aplicados (cálcio e exercício) considerados como variáveis independentes, apenas o IMC, o estadio pubertário e a idade cronológica explicam a DMO registada.

QUADRO V

Percentagem de zscore: estudo comparativo (ANOVA) em função das variáveis sexo, grupo etário e Tanner. Médias e intervalos de confiança (IC) a 95%

	% zscore		
	Média	I.C. 95%	p
Sexo			
F	90,9	(87,3 - 94,6)	0,3316
M	89,1	(86,4 - 91,8)	
Grupo etário			
G1 (>11<=13)	94,9	(91,4 - 98,4)	0,0087
G2 (>13<=16)	88,1	(85,0 - 91,2)	
G3 (>16<=18)	87,1	(82,4 - 91,9)	
Tanner			
1 (n=5)	80,2	(70,8 - 89,6)	0,0000
2 (n=36)	84,1	(79,6 - 88,6)	
3 (n=21)	88,4	(83,8 - 93,1)	
4 (n=21)	96,2	(91,5 - 100,8)	
5 (n=101)	101,3	(98,8 - 103,8)	

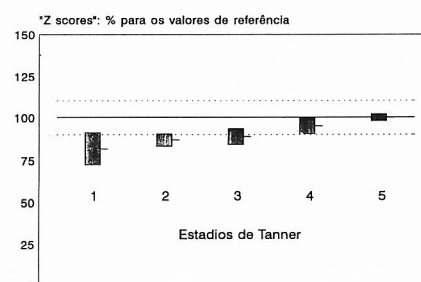


FIG. 3 – z-scores em percentagem para os valores de referência. Distribuição por estadios de Tanner (N=183). Médias e intervalos de confiança a 95%.

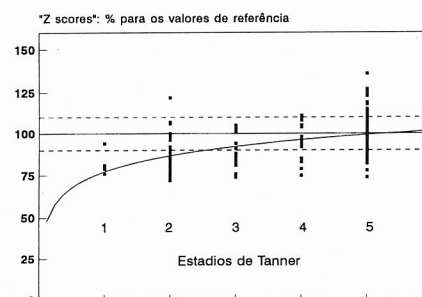


FIG. 4 – z-scores em percentagem para os valores de referência. Curva de tendência em função da maturidade biológica (Tanner), ao longo da puberdade (N=183).

QUADRO VI

Regressão linear múltipla. Densidade mineral óssea (DMO) e variáveis independentes (% IMC, % soma de pregas, adesão, VET, gordura total, cálcio, fósforo, magnésio, vit. D, Tanner, idade, grupo)

Variável dependente	Variável independente	Valor de t	R ²	F	p
DMO	IMC	6,97	67,5	115,2	0,0000
	Tanner	6,7			
	Idade cronológica	7,76			

Discussão

A osteoporose é uma doença que apresenta semelhanças à hipertensão, nomeadamente pela evolução silenciosa dos sinais e sintomas de doença e pela irreversibilidade das lesões. Sendo definida como uma diminuição não apenas da massa óssea (quer do componente matricial proteico quer do cristalino inorgânico) mas também da sua resistência, a ocorrência de osteoporose conduz a um elevado risco de fractura, particularmente dos corpos vertebrais, fémur proximal e radio distal ⁽⁴⁷⁾, conduzindo a problemas graves de saúde pública nos países desenvolvidos.

Embora seja uma doença cuja manifestação clínica ocorre na idade adulta, na realidade deve ser o pediatra a ter sempre em mente o axioma «osteoporose: a única cura é a prevenção» ⁽⁴⁸⁾.

Sendo o final da segunda década de vida genericamente considerado como o limite temporal para a aquisição do pico de massa óssea, na realidade este é atingido em diferentes tempos consoante o tipo de osso, independentemente do sexo. Assim, o osso trabecular, predominante nos corpos vertebrais e grande trocanter, atinge o pico de densidade óssea mais precocemente (final da 2.^a década de vida) do que o cortical, predominante no esqueleto axial ^(6, 48). Posteriormente, a densidade decresce em média 1% ano ^(6, 48). A maior precocidade registada pela coluna vertebral no que respeita à idade de aceleração do acréscimo de massa óssea bem como à aquisição da massa óssea total, foi a razão da sua escolha como local representativo da densidade mineral óssea para a população estudada.

Os adolescentes por nós estudados apresentam uma idade cronológica entre os 12 e os 18 anos, registando-se uma distribuição homogénea em função do sexo quer no que respeita ao número quer à idade cronológica (Quadro I). No entanto, as raparigas apresentam uma maior maturidade biológica, traduzida por um desvio para a direita, com significado estatístico ($p < 0,0001$) no que respeita aos estádios pubertários de Tanner, concordante com um início mais precoce da puberdade normalmente observado neste sexo (Quadro I).

A totalidade dos adolescentes estudados apresenta um adequado estado de nutrição, crescimento estatural e composição corporal (Quadro II). Regista-se no entanto uma diferença estatisticamente significativa, com valores superiores para o sexo feminino, no que respeita aos valores da gordura periférica ($p < 0,01$) e gordura corporal total ($p < 0,05$) (Quadro II).

Quando considerada a totalidade da amostra separada por sexos, o sexo feminino apresenta um valor de DMO significativamente superior ao masculino (Quadro III). Registam-se também diferenças estatisticamente signifi-

cativas, com indicadores mais favoráveis para o sexo feminino, no que respeita ao diferencial para o valor de referência (zscore $p < 0,0001$) e à percentagem já adquirida de massa óssea em relação ao valor de referência (%zscore $p = 0,0001$), encontrando-se no sexo masculino resultados compatíveis, para alguns adolescentes, com o limite superior de osteopenia (Quadro IV). Todavia, quando se considera a globalidade da população e se procede à representação da percentagem da DMO para o valor de referência (%zscore) em função da idade cronológica, observa-se uma tendência global de aproximação progressiva do valor de referência com o aumento desta (Quadro IV e Fig. 2), sugerindo pois a idade cronológica como um factor determinante do valor de massa óssea. Por outro lado, ao se agruparem os adolescentes estudados em função da maturidade sexual (Tanner), observa-se que, com o aumento da maturidade biológica, é evidente a tendência de aproximação da DMO aos valores de referência (Figs. 3 e 4), traduzindo assim uma diminuição do défice de mineralização óssea (%zscore) na directa dependência da progressão da puberdade. Tais dados apontam no sentido da existência de uma forte associação entre o estadio pubertário e o valor da massa óssea. Na realidade, quando a MO referenciada à %zscore é estudada comparativamente em análise de variância, em função dos factores idade cronológica, sexo e Tanner, não se registam diferenças significativas entre os dois sexos (Quadro V). Tais factos apontam no sentido de as diferenças significativas na mineralização óssea inicialmente encontradas, quando considerada a globalidade da amostra separada por sexos, serem totalmente explicadas pela maior maturidade biológica (Tanner) apresentada pela população feminina, comparativamente ao sexo masculino. De igual modo, quando a DMO é estudada, como variável dependente, em modelo de regressão linear múltipla, do conjunto de variáveis independentes consideradas, e que incluem a caracterização nutricional (IMC e somatório de pregas), os hábitos alimentares (valor energético total, gordura total, cálcio, fósforo e vitamina D), a adesão ao exercício físico (número de horas por semana de exercício físico organizado), a idade cronológica, o sexo e o estadio pubertário de Tanner, as únicas variáveis aceites no modelo matemático, com variâncias explicadas muito elevadas, foram o IMC, o estadio de Tanner e a idade cronológica (Quadro VI).

A precocidade do início da puberdade na mulher, também observada na nossa amostra, com a consequente estimulação do eixo hipotálamo-gónadas, conduziria ao aumento do nível de estrogénios circulantes, factor responsável pela maior DMO observada neste sexo (Quadros 3 e 4), dado concordante com a literatura ^(3, 9, 13). Por outro lado, o atraso da mineralização óssea observada no

sexo masculino para este grupo de adolescentes, corresponde claramente a um início mais tardio da puberdade masculina, sugerindo a influência dos androgénios na mineralização óssea (Quadro IV). Segundo alguns autores, a idade do pico de acréscimo de massa óssea é diferente entre os dois sexos, ocorrendo cerca dos 13 anos no sexo feminino e 14,5 anos no sexo masculino, respectivamente 1,6 e 1,2 anos após o pico de crescimento pubertário^(13, 49). Segundo Martin et al (1997)⁽⁴⁹⁾, o valor de massa óssea está na directa dependência das características do processo de crescimento e maturação de cada sexo, observações que fundamentam os nossos resultados.

Para além de determinante de um adequado estado nutricional, o suprimento energético total é também condicionante do acréscimo de massa óssea, como pode ser confirmado pelo aumento desta registado em crianças desnutridas, apenas na dependência da melhoria do seu estado nutricional⁽¹⁶⁾. A população por nós estudada efectua um adequado suprimento energético total, registando-se valores significativamente superiores para o sexo feminino ($p < 0,01$) (Fig. 3). No que diz respeito aos macronutrientes, a dieta efectuada por ambos os sexos é globalmente desequilibrada, não se registando diferenças significativas entre eles, e, tal como temos observado em trabalhos anteriores^(34, 36), traduz um elevado suprimento alimentar em proteína e gordura (Fig. 2). Vários trabalhos registam uma relação entre o valor da DMO e o suprimento alimentar em gordura, nomeadamente em gordura total e polinsaturada, e em proteína^(11, 50). Não sendo relações claras, no que se reporta à gordura ela poderá ser justificada pelo facto de o aumento da ingestão alimentar condicionar um desvio do metabolismo dos estrogénios no sentido da produção de metabolitos mais activos⁽⁵¹⁾, competindo aos aminoácidos essenciais a optimização da ligação dos estrogénios aos seus receptores^(50, 51). Apresentando o sexo feminino, na população por nós avaliada, um suprimento energético significativamente superior ao masculino, o valor absoluto do suprimento em proteína e gordura será consequentemente superior, factores estes, segundo a teoria previamente exposta e independentemente dos factores hormonais, favorecedores do valor mais elevado encontrado para a DMO. No que diz respeito ao cálcio, quando analisada a globalidade da amostra, não se registam diferenças com significado estatístico entre sexos, nem situações carenciais no que se refere ao suprimento alimentar (Fig. 2). Sobre a repercussão do suplemento alimentar em cálcio na velocidade de acréscimo de massa e mineralização óssea, os resultados encontrados em múltiplos estudos transversais não são consensuais⁽⁵¹⁻⁵³⁾. No entanto, estudos longitudinais revelam que a suplementação em cálcio conduz a um acréscimo de massa óssea durante a infância e a

adolescência a uma velocidade superior nestes indivíduos em mais 3 a 5% / ano^(18, 19).

Conclusões

Os adolescentes por nós avaliados apresentam uma adequada densidade mineral óssea, estando a velocidade de acréscimo de massa óssea durante a adolescência na dependência directa da maturidade biológica (estadio pubertário de Tanner). Regista-se uma forte associação entre o valor da densidade mineral óssea e o índice de massa corporal, a idade cronológica e o estadio pubertário.

Agradecimentos

Os autores agradecem

– Aos Conselhos Directivos das Escolas C+S de Guifões e do Cerco, aos Coordenadores e aos Professores de Educação Física, pela prestimosa colaboração na selecção dos alunos e coordenação das actividades;

– Às dras. Mónica Sousa e Márcia Martins, nutricionistas, pelo imprescindível apoio na avaliação antropométrica e na recolha e trabalho dos dados alimentares.;

– Às dras. Maria Eugénia Azevedo e Raulina Faria de Almeida, pela execução dos exames densitométricos;

– À Lactogal, pelo apoio prestado;

– A todos os adolescentes que empenhadamente participaram no trabalho, que pela sua salutar irreverência e inesgotável vontade em conhecer e saber.

Bibliografia

1. Consensus Development Conference; diagnosis, prophylaxis and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 1991; 90: 170-210.
2. Report of WHO study group: assessment of fracture risk and its application to screening for post-menopausal osteoporosis. In World Health Organization Geneva (eds.). WHO Technical Series 843, 1994.
3. Relatório da APOROS. Associação Nacional contra a Osteoporose.
4. Braunwald E. Harrison. Princípios da Medicina Interna. 8.ª Ed. Madrid. Nueva Editorial Intramericana, S.A., 1991.
5. Massien LG, Alarco R. Relevancia Clinica de la masa ósea. *Ver Esp Med Nucl* 1989; 8 (SuplIII): 41-2.
6. Garn SM. The earlier gain and the later loss of cortical bone. Springfield, IL. Charles C Thomas Co; 1970.
7. Gilsanz V, Gibbens DT, Roe TF, et al. Vertebral bone density in children: effect of puberty. *Radiology* 1988; 166: 847-50.
8. Theintz G, Bucks B, Rizzoli R, Slosman D, Clavien H, Sizonenko PC, et al. Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents: evidence for a marked reduction after 16 years of age at the level of lumbar spine and femoral neck in female subjects. *J Clin Endocrinol Metab* 1992; 75: 1060-5.
9. Slemenda CW, Reister TK, Hui SL, Miller JZ, Christian JC. Influences on skeletal mineralization in children and adolescents:

- evidence for varying effects of sexual maturation and physical activity *The Jour Pediatr* 1994; 125(2): 201-7.
10. Hansen MA, Overgaard K, Riis B, Christiansen C. Role of peak bone mass and bone loss in postmenopausal osteoporosis: 12 year study. *BMJ* 1991; 303:961-4.
 11. Gunnes M, Lehmann EH. Physical activity and dietary constituents as predictors of forearm cortical and trabecular bone again in healthy children and adolescents: a prospective study. *Acta Paediatr* 1996; 85(1): 19-25.
 12. Hargenroeder AC. Bone mineralization, hypotalamic amenorrhea, and Sex steroid therapy in female adolescents and young adults. *J Pediatr* 1995; 126 (1): 683-9.
 13. Gunnes M. Bone mineral density in the cortical and trabecular distal forearm in healthy children and adolescents. *Act Paedit* 1994; 83: 463-7.
 14. Slemenda CW, Christian JC, Williams CJ, Norton JA, Johnston CCJr. Genetic determinants of bone mass in adult women: a reevaluation of the twin model and the importance of gene interaction on hereditary estimates. *J Bone Miner Res* 1991; 6: 561-7.
 15. Lonzer MD, Imrie R, Rogers D, Worley D, Licata A, Secic M. Effects of heredity, age, weight, puberty, activity, and calcium intake on bone mineral density in children. *Clin Pediatr* 1996; 35 (4): 185-9.
 16. Tsukahara N, Sato K, Ezawa I. Effects of physical characteristics and dietary habits on bone mineral density in adolescent girls. *J Nutr Sci Vitaminol* 1997; 43 (6): 643-55.
 17. Lloyd T, Andon MB, Rollings N, Marte JK, Landis JR, Demers LM, et al. Calcium supplementation and bone mineral density in adolescent girls. *JAMA* 1993; 270: 841-4.
 18. Lee WTK, Leung SSF, Wang SH, Xu YC, Zeng WP, Lau J, et al. Double-blind, controlled calcium supplementation and bone mineral accretion in children accustomed to low-calcium diet. *Am J Clin Nutr* 1991; 60: 744-50.
 19. Leiva L, Burrows R, Lillo R, Pumarino H, Muzzo S. Bone mineralization and calcium intake in children school children. *Arch Latinoam Nutr* 1995; 45 (3): 178-82.
 20. Nilsson BEC, Westlin NE. Bone mineral density in athletes. *Clin Orthop* 1991; 77: 179-82.
 21. Dalsky GP, Socke KS, Eshani AA, Slatopolsky E, Lee WC, Birge SJ. Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal woman. *Ann Intern Med* 1988; 108: 824-8.
 22. Sallis JF, Pstrick K. Physical Activity Guidelines for Adolescents. Consensus Statement. *Ped Exerc Sci* 1994; 6: 302-14.
 23. Mazess RB, Cameron JR. Bone mineral content in normal US whites. In: Mazess RB ed. International Conference of bone mineral measurement. Washington, DC: US Govt Printing Office, 1974: 228-37.
 24. Burrows AR, Balich LL, Ganter RL, Carte HP, Castillo LM, Benavides SM. Influence of physical activity upon bone mineralization of school age children of both sexes. *Arch Latinoam Nutr* 1996; 46 (1): 11-5.
 25. Mack PB, LaChance PA, Vose CP, Vogt FB. Bone demineralization of foot and hand of Gemini-Titan IV, V and VII astronauts during orbital flights. *Am J Roentgenol* 1967; 100: 3-11.
 26. Aloia JF, Chon SH, Ostuni JA, Cane R, Ellis K. Prevention of involutional bone loss by exercise. *Annals Int Med* 1978; 89(3): 356-8.
 27. Frost HM. Structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 1. Redefining Wolff's law. The bone remodelling problem. *Anat Rec* 1990; 226: 403-13.
 28. Frost HM. Perspectives: The role of changes in mechanical usage set points in the pathogenesis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1992; 7: 253-61.
 29. Halioua L, Anderson JJ. Lifetime calcium intake and physical activity habits; independent and combined effects on the radial bone of healthy premenopausal caucasian women. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 534-41.
 30. Tylavsky FA, Anderson JJB, Talmage RV, Taft TN. Are calcium intakes and physical activity patterns during adolescence related to radial bone mass of white collage-age females? *Osteoporosis Int* 1992; 2: 232-40.
 31. Welton DC, Kemper HCG, Post GB, Van Mechelen W, Twisk J, Lips P, et al. Weight-bearing activity during youth is a more important factor of peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 1994; 9: 1089-96.
 32. Theintz GE, Sizonenko PC. Physical exercise and hormones. Exercise Physiology. Human Bioenergetics and its applications George A Brooks and Thomas D Fahey Ed. Part F. Physical Exercise 482-94.
 33. Rego C. Avaliação do estado de nutrição, caracterização morfológica, composição corporal e maturidade sexual se adolescentes femininas praticantes de ginástica rítmica de rendimento. Dissertação de Mestrado em Medicina Desportiva pela Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 1995.
 34. Rego C, Guerra A, Prata A, Borges G, Azevedo E, et al. Densidade mineral óssea em nadadoras de rendimento. *Acta Ped Port* 1997; 28(5): 425-32.
 35. Vives MB, Amat PP. Densitometria óssea, ciclo menstrual, hábitos nutritivos e osteocalcina em desportistas de alto nível. *Apunts* 1994; XXXI: 27-36.
 36. Rego C, Martins M, Silva D, Mónica G, Lourenço S et al. Caracterização dos hábitos alimentares de uma população de adolescentes da zona urbana do Porto. Comunicação apresentada no Congresso «A saúde dos adolescentes». Cidade da Praia, Cabo Verde, 1997.
 37. Jelliffe DB, Jelliffe EFP. Direct Assessment of nutritional status. Anthropometry: major measurements. In: Jelliffe DB, Jelliffe EFP, eds. Community nutrition assessment with special reference to less technically developed countries. New York: Oxford University Press 1989: 68-105.
 38. Lee J, Kolouel N, Hinds W. Relative merits of the weight-corrected-for-height indices. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 2521-9.
 39. Hammer LD, Kraemer HC, Wilson DM, Ritter PL, Dornbusch SM. Standardized percentiles curves of body-mass index for children and adolescents. *Am J Dis Child* 1991; 145: 259-63.
 40. Hamill PVV, Dridz TA, Johnson CL, Reed RB, Roche AF, Moore WM. Physical growth: National Center for Health Statistics percentils. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 607-29.
 41. Frisancho AR. Anthropometric Standards for the Assessment of Growth and Nutritional Status. 1993 *Ann Arbor*. The University of Michigam Press.
 42. Hasche F. Body composition during adolescence. In Klish WJ, Kretchman N, eds. Body composition measurements in infants and children. Report of 98th Ross Conference on Pediatric Research. Columbus, Ohio: Ross Laboratories, 1989: 78.
 43. Tanner JM. Normal growth and techniques of growth assessment. *Clin Endoc Metab* 1986; 15 (3): 411-52.
 44. Speroff L, Glass RH, Kase NG. Clinical Gynecology Endocrinology and Infertility. 5th Ed 1994 William and Wilkins Ed.; 402-533.
 45. Paul AA, Southgate DAT. McCance and Widdowson's. The Composition of Foods. Third ed. London: Her Majesty's Stationery Office; 1985.
 46. Food and Nutricion Board Recomend Dietary Allowances, Rev ed. 8. Washington; DC, National Academy od Science.
 47. RaizzLG. Local and systemic factors in the pathogenesis of osteoporosis. *N Engl J Med* 1988; 318: 818-28.
 48. Kreipe RE. Bone mineral density in adolescents. *Pediatr Ann* 1995; 24(6): 308-15.

49. Martin AD, Bailey DA, McKay HA, Whithing S. Bone mineral and calcium accretion during puberty. *Am J Clin Nutr* 1997; 66(3): 611-5.
50. Das UN. Can essential fatty acids prevent osteoporosis? *Med Sci Res* 1994; 22: 163-5.
51. Gunnes M, Lehmann EH. Dietary calcium, saturated fat, fiber and vitamin C as predictors of forearm cortical and trabecular bone mineral density in healthy children and adolescents. *Acta Paediatr* 1995; 84: 388-92.
52. Sentipal JM, Wardlaw GM, Maham J, Matkovic V. Influence of calcium intake on growth – indexes on vertebral bone mineral density in young females. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 425-8.
53. Chan GM. Dietary calcium and bone mineral status of children and adolescents. *Am J Dis Child* 1991; 145: 631-4.