

# КЛИНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОСТНОЙ МАССЫ У ДЕТЕЙ

Л.А.Щеплягина, Т.Ю.Моисеева, И.В.Круглова  
 ГУ Научный центр здоровья детей РАМН, Москва

## Резюме

**Цель.** Дать клиническую оценку основных показателей костной массы у практически здоровых детей, проживающих в Москве и Московской области.

**Материал и методы.** Обследовано 357 практически здоровых детей 5-16 лет (194 мальчика, 163 девочки). Оценивались физическое развитие детей, МПКТ методом 2х энергетической рентгеновской абсорбциометрии, анализировались содержание минерала в костной ткани (ВМС) и минеральная костная плотность (ВМД).

**Результаты.** Выявлена значительная вариабельность показателей длины тела внутри возрастных групп детей; у 40,2% имелось дисгармоничное физическое развитие. Установлено, что ВМС и ВМД тесно связаны с длиной ( $r=0,8$ ,  $p=0,000$ ) и массой тела ( $r=0,7$ ,  $p=0,000$ ). Доказано, что показатели костной массы существенно ниже у детей с длиной и массой тела ниже 10% перцентилля. Показано, что темпы нарастания ВМД ниже, чем темпы накопления минерала. Разработана методология клинической оценки костной массы у детей.

**Заключение.** Использование разработанных таблиц сопряженных значений антропометрических и денситометрических показателей позволяет снизить гипердиагностику остеопении у детей и уточнить причины недостаточного содержания минерала в костной ткани.

**Ключевые слова:** дети, антропометрия, денситометрия, остеопения

Внедрение денситометрии в педиатрическую практику сопровождалось серией исследований особенностей костной минерализации у детей в регионах РФ [2,4,5]. Использование референтной базы прибора для оценки состояния костной ткани у практически здоровых детей выявило большой удельный вес детей со сниженной костной минеральной плотностью [2,4,6,8]. Аналогичные данные получены в немногочисленных зарубежных исследованиях [11,12,14]. Окончательного объяснения этого факта до настоящего времени нет.

Вместе с тем понимание причин низкой костной массы у растущего организма ребенка имеет большое теоретическое и практическое значение, в первую очередь для уточнения вопросов, связанных с накоплением пиковой костной массы [1] к окончанию роста и созревания скелета.

Цель исследования: дать клиническую оценку основных показателей костной массы у практически здоровых детей.

## Материал и методы

Обследовано 357 практически здоровых детей 5-16 лет (194 мальчика и 163 девочки), проживающих в Москве и Московской области, посещающих детские сады и общеобразовательные школы. Включенные в исследование дети не отличались от своих сверстников по социальному статусу семьи, пищевым привычкам, двигательной активности и не имели хронической патологии, которая способна отрицательно влиять на фосфорно-кальциевый обмен и метаболизм костной ткани, такой как наследственные и приобретенные заболевания костно-мышечной системы, хронические болезни печени, почек, сахарный диабет, тиреотоксикоз, синдром мальабсорбции. В исследование не включались профессиональные спортсмены.

Дети обследовались педиатром по единому протоколу. Физическое развитие оценивали по абсолютным значениям длины и массы тела. Гармоничность физического развития характеризовали с использованием перцентильных таблиц,

по соотношению длины и массы тела (В.А. Доскин, Х. Келлер, Н.М. Мураенко с соавт., 1997).

Оценку минеральной плотности костной ткани (МПКТ) проводили методом 2-х энергетической рентгеновской абсорбциометрии (DEXA) в поясничном (L2-L4) отделе позвоночника на приборе "DPX-MD+", оснащенном компьютерной "детской" программой. Полученные данные сравнивались с референтной базой прибора.

Анализировались содержание минерала в костной ткани (ВМС - Bone Mineral Content, г), площадь сканируемой поверхности (Area, см<sup>2</sup>), минеральная костная плотность (ВМД - Bone Mineral Density, г/см<sup>2</sup>) и интегральный показатель Z-критерий (Z-score), который характеризует МПКТ обследуемого ребенка по отношению к средневозрастной норме детей того же пола и выражается в единицах стандартного отклонения (SD). В соответствии с критериями ВОЗ нормальная минеральная костная плотность диагностировалась при Z-score > -1 SD, снижение (osteopenia) при Z-score < -1 SD, но > -2,5SD, остеопороз (ОП) при Z-score < -2,5 SD.

При анализе полученных результатов использован пакет статистических программ Statistica 6, SPSS 11.6. Применялись различные методы регрессионного анализа.

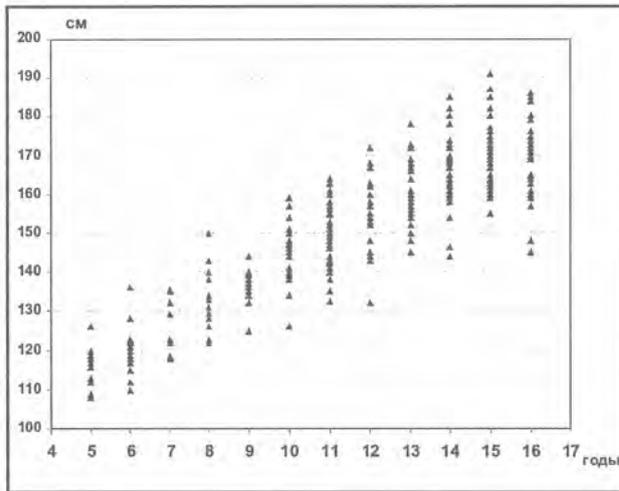
## Результаты и обсуждение

При клиническом обследовании детей отмечена значительная вариабельность показателей длины тела внутри возрастных групп (рис.1) и большое число детей с дисгармоничным физическим развитием (рис. 2).

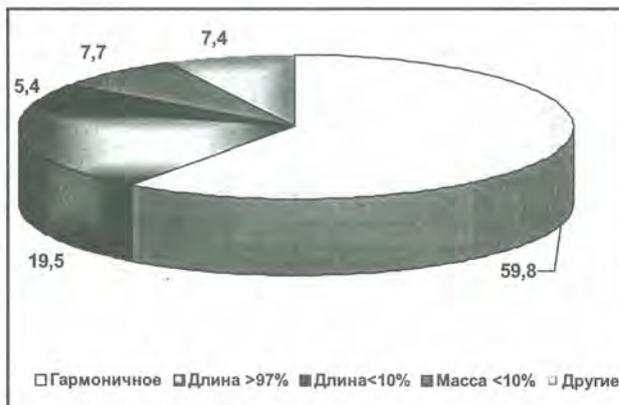
Анализ возрастных показателей содержания минерала и костной минеральной плотности выявил их значительный разброс при увеличении соответствующих значений в группах детей от 6 до 16 лет (рис.3). Установлено, что ВМС и ВМД тесно взаимосвязаны с антропометрическими показателями (длина  $r=0,8$ ;  $p=0,000$  и масса тела  $r=0,7$ ;  $p=0,000$ ) и темпами линейного роста. Показано, что уровень костной массы наиболее существенно повышается в периоды интенсивного роста.

Доказано, что показатели костной массы существенно ниже у детей с длиной и массой тела ниже 10% перцентилля (рис 4).

**ВОЗРАСТНАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ДЛИНЫ ТЕЛА ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ**



**ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ ДИСГАРМОНИЧНОГО РАЗВИТИЯ У ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ (%)**



Показано, что темпы нарастания костной минеральной плотности ниже, чем накопления минерала.

Учитывая выраженный разброс показателей физического развития и костной массы внутри каждой возрастной группы, в рамках настоящего исследования разработана методология клинической оценки костной массы у детей.

Известно, что в случаях значительной вариабельности возрастных значений функциональных показателей, клинические физиологи нередко стандартизуют интересующие их параметры [3,7,21,22] по отношению к полу, возрасту, длине или массе тела. При этом выбор параметра для стандартизации определяется, как правило, степенью зависимости изучаемых величин.

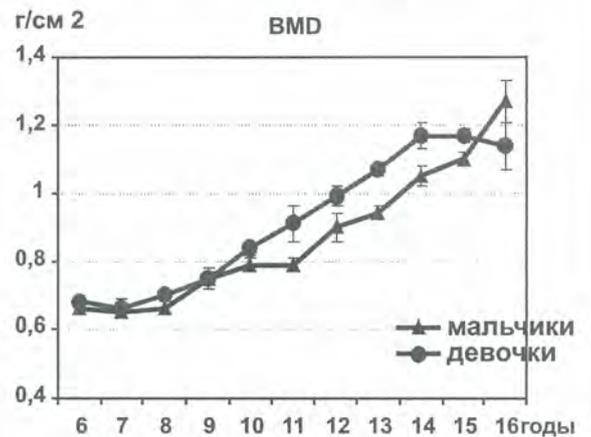
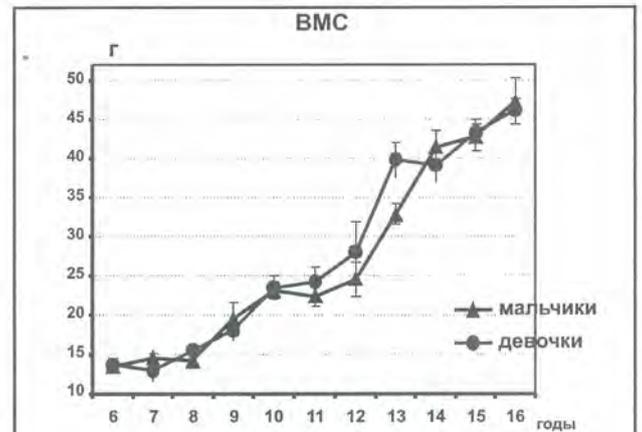
Так как BMD наиболее тесно связана с ростом ребенка, нами рассчитывались значения BMD по отношению к длине тела.

Принимая во внимание, что эта взаимосвязь носит нелинейный характер, возрастные показатели костной минеральной плотности устанавливались на основе построения регрессионных кривых для BMD по росту (рис.5). Для этого использовали уравнение парной корреляции, рассчитывали коэффициент регрессии и сигму регрессии. Сигма регрессии, как известно, является мерилем изменчивости зависимой переменной. В этом случае "нормой" считают величину, соответствующую значению изучаемого показателя  $\pm \sigma$  регрессии. Значения BMD по отношению к длине рассчитывались отдельно для мальчиков и девочек (табл.1, 2).

Рисунок 1

Рисунок 2

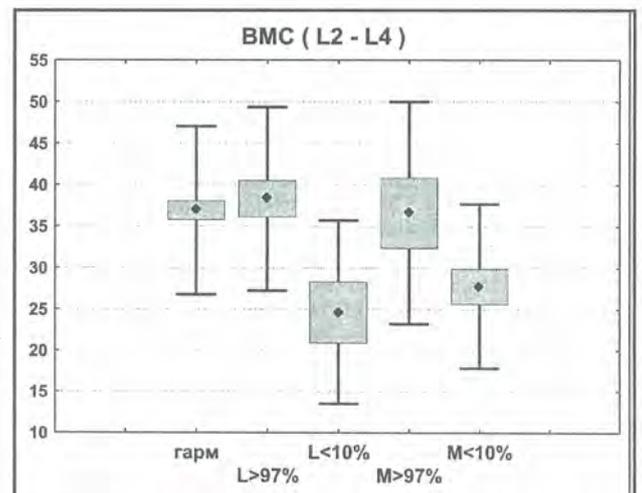
**ВОЗРАСТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОСТНОЙ МАССЫ (L2-L4) У ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ (M $\pm$ m)**



**ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ВМС У ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ L - ДЛИНА, M - МАССА ТЕЛА**

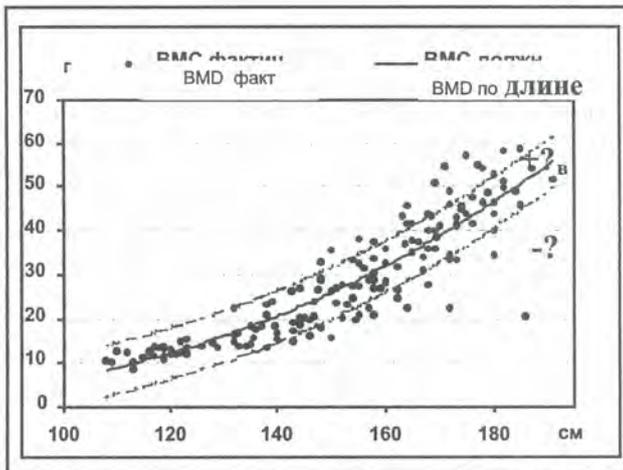
Рисунок 3

Рисунок 4



Установлено, что применение стандартизованных по длине показателей BMD в среднем на 40% уменьшает частоту остеопении, полученной при использовании референтной базы прибора (Z-score). При этом показано, что различия в частоте встречаемости остеопении зависят от возраста (рис. 6). Так, в группе 6-летних детей при приме-

**РЕГРЕССИОННАЯ КРИВАЯ ВМД ПО ДЛИНЕ ТЕЛА (МАЛЬЧИКИ)**



нении стандартизованных по длине показателей ВМД случаев остеопении не было выявлено; среди 12-летних она диагностировалась в 6 раз реже, а 14-летних - в 12,5 раз реже, чем при использовании референтной базы.

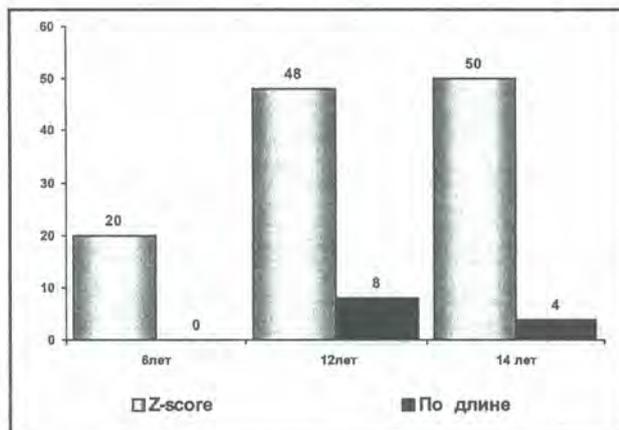
Установлено, что использование показателей ВМД по отношению к длине имеет большое значение для диагностики остеопении и ОП при индивидуальной оценке костной минеральной плотности растущего ребенка, особенно у детей с низкой длиной и низкой массой тела (рис. 7). У детей с гармоничным развитием применение стандартизованных по длине нормативов ВМД уменьшило частоту постановки диагноза остеопении в 8,3 раза, а среди детей с низкой массой тела (<10% перцентиля) - более чем в 2 раза по сравнению с результатами, полученными при использовании референтной базы. Среди детей с низкой длиной тела (<10% перцентиля) случаев остеопении - при индивидуальной оценке минеральной плотности ребенка - вообще не было, тогда как с помощью референтной базы она регистрировалась почти у 80% обследованных.

Дальнейший анализ массива данных проводился с учетом того, что костная минеральная плотность зависит от содержания минерала в костной ткани. Содержание минерала у растущего организма считается базовым измеряемым показателем костной массы. Последний в значительной мере определяется размерами скелета [17,18,19,20], эквивалентом которого является площадь сканируемой поверхности.

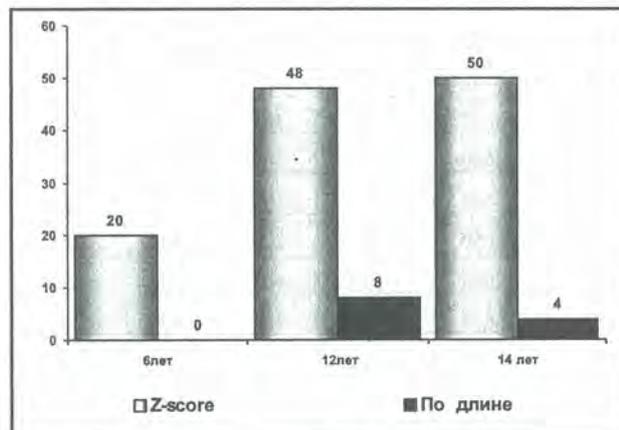
Для уточнения этой зависимости была построена серия регрессионных процентильных кривых зависимости: длина тела - Bone Area; ВМС- Bone Area. Установлено, что содержание минерала в костной ткани в наибольшей степени связано с величиной площади сканируемой поверхности. Эта связь тем сильнее, чем меньше площадь сканируемой поверхности.

В результате серии математических преобразований массива данных, полученных в результате регрессионного анализа, составлены таблицы зависимости площади сканируемой поверхности по длине (табл.3) и значений ВМС по площади сканируемой поверхности (табл.4) для мальчиков

**ЧАСТОТА ОСТЕОПЕНИИ У ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ НОРМАТИВОВ (%)**



**ЧАСТОТА ОСТЕОПЕНИИ У ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ С РАЗНЫМ ТИПОМ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ НОРМАТИВОВ (%)**



и девочек. Применение таблиц позволяет определить "должное" содержание минерала по отношению к конкретным размерам сканируемой поверхности, независимо от возраста ребенка.

Целесообразность такого подхода к оценке ВМС у растущего организма отмечается рядом зарубежных специалистов [9,10,13,15,16,18].

**Заключение**

Использование таблиц сопряженных значений антропометрических и денситометрических показателей позволяет снизить гипердиагностику остеопении у детей и уточнить причины недостаточного содержания минерала в костной ткани.

Таблица 1  
ЗНАЧЕНИЯ BMD ПО ОТНОШЕНИЮ К ДЛИНЕ  
(МАЛЬЧИКИ)

Длина (см)	BMD (г/см <sup>2</sup> )	BMD - 1SD	Длина (см)	BMD (г/см <sup>2</sup> )	BMD - 1SD
108	0,561	0,460	146	0,759	0,658
109	0,564	0,463	147	0,766	0,665
110	0,568	0,467	148	0,773	0,672
111	0,575	0,474	149	0,779	0,678
112	0,576	0,475	150	0,787	0,686
113	0,580	0,479	151	0,794	0,693
114	0,583	0,482	152	0,801	0,700
115	0,588	0,487	153	0,809	0,708
116	0,593	0,492	154	0,816	0,715
117	0,597	0,496	155	0,824	0,723
118	0,602	0,501	156	0,832	0,731
119	0,606	0,505	157	0,840	0,739
120	0,611	0,510	158	0,848	0,747
121	0,615	0,514	159	0,856	0,755
122	0,620	0,519	160	0,864	0,763
123	0,625	0,524	161	0,872	0,771
124	0,630	0,529	162	0,881	0,780
125	0,635	0,534	163	0,889	0,788
126	0,640	0,539	164	0,898	0,797
127	0,641	0,540	165	0,906	0,805
128	0,650	0,549	166	0,915	0,814
129	0,655	0,554	167	0,924	0,823
130	0,633	0,532	168	0,933	0,832
131	0,666	0,565	169	0,942	0,841
132	0,672	0,571	170	0,951	0,850
133	0,677	0,576	171	0,961	0,860
134	0,683	0,582	172	0,970	0,869
135	0,689	0,588	173	0,980	0,879
136	0,695	0,594	174	0,989	0,888
137	0,701	0,600	175	0,999	0,898
138	0,707	0,606	176	1,009	0,908
139	0,713	0,612	177	1,019	0,918
140	0,719	0,618	178	1,029	0,928
141	0,726	0,625	179	1,039	0,938
142	0,729	0,628	180	1,050	0,949
143	0,739	0,638	181	1,059	0,958
144	0,745	0,644	182	1,071	0,970
145	0,752	0,651	183	1,084	0,983

Таблица 2  
ЗНАЧЕНИЯ BMD ПО ОТНОШЕНИЮ К ДЛИНЕ  
(ДЕВОЧКИ)

Длина (см)	BMD (г/см <sup>2</sup> )	BMD - 1SD	Длина (см)	BMD (г/см <sup>2</sup> )	BMD - 1SD
112	0,584	0,452	146	0,837	0,698
113	0,591	0,452	147	0,846	0,707
114	0,597	0,458	148	0,856	0,717
115	0,602	0,463	149	0,866	0,727
116	0,608	0,469	150	0,875	0,736
117	0,613	0,474	151	0,885	0,746
118	0,620	0,481	152	0,896	0,757
119	0,626	0,487	153	0,906	0,767
120	0,633	0,494	154	0,916	0,777
121	0,639	0,500	155	0,927	0,788
122	0,645	0,506	156	0,938	0,799
123	0,652	0,513	157	0,949	0,810
124	0,660	0,521	158	0,960	0,821
125	0,665	0,526	159	0,971	0,832
126	0,672	0,533	160	0,982	0,843
127	0,682	0,543	161	0,993	0,854
128	0,687	0,548	162	1,005	0,866
129	0,696	0,557	163	1,017	0,878
130	0,699	0,560	164	1,028	0,889
131	0,709	0,570	165	1,040	0,901
132	0,717	0,578	166	1,053	0,914
133	0,726	0,587	167	1,065	0,926
134	0,732	0,593	168	1,077	0,938
135	0,740	0,601	169	1,090	0,951
136	0,748	0,609	170	1,103	0,964
137	0,757	0,618	171	1,116	0,977
138	0,765	0,626	172	1,129	0,990
139	0,774	0,635	173	1,142	1,003
140	0,782	0,643	174	1,155	1,016
141	0,791	0,652	175	1,169	1,030
142	0,800	0,661	176	1,186	1,047
143	0,809	0,670	177	1,197	1,058
144	0,818	0,679	178	1,210	1,071
145	0,827	0,688			

Таблица 3  
**СООТНОШЕНИЕ ДЛИНЫ И BONE AREA  
 У ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ**

Мальчики		Девочки	
Длина тела (см)	Bone Area (см <sup>2</sup> )	Длина тела (см)	Bone Area (см <sup>2</sup> )
114	19,7	118	20,6
116	20	120	21
118	20,5	122	21,3
120	21	124	21,7
122	21,5	126	22,2
124	22	128	22,5
126	22,5	130	23
128	22,7	132	23,5
130	23,4	134	24
132	24	136	24,8
134	24,5	138	25,3
136	25,2	140	26
138	25,8	142	26,8
140	26,5	144	27,5
142	27,2	146	28,3
144	28	148	29,3
146	28,7	150	30,2
148	29,5	152	31
150	30,3	154	32
152	31,2	156	33
154	32,2	158	34
156	33	160	35,3
158	34	162	36,4
160	35	164	37,6
162	35,9	166	39
164	37	168	40,2
166	38	170	41,6
168	39	172	43
170	40	174	44,6
172	41,5		
174	42,5		
176	44		
178	45,2		
180	46,5		
182	48		
184	49,5		

Таблица 4  
**СООТНОШЕНИЕ BONE AREA И ВМС У  
 ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ**

Мальчики		Девочки	
Bone Area (см <sup>2</sup> )	ВМС (г)	Bone Area (см <sup>2</sup> )	ВМС (г)
19	11,6	20	12,5
20	12	21	13,8
21	12,5	22	14,9
22	13	23	16
23	14	24	17,5
24	14,8	25	18,8
25	15,5	26	20
26	17	27	21,5
27	18	28	23
28	19	29	24,8
29	20,5	30	26
30	22	31	28
31	23,3	32	29,5
32	25	33	31
33	26,5	34	33
34	28	35	35
35	30	36	36,9
36	31,5	37	38,5
37	33,5	38	40,5
38	35	39	42,5
39	36,5	40	44,5
40	38	41	46,5
41	39,8	42	48,8
42	41,5	43	50,5
43	43	44	53
44	44,5	45	55
45	46	46	57
46	47,5		
47	49		
48	50,5		

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беневоленская Л.И. Руководство по остеопорозу. М., 2003, 524
2. Будова А.П., Балашов А.Т. Опыт использования остеоденситометрии в педиатрической популяции Мурманской области. Тез. конф. "Пробл. остеопор. в травматол. ортопед.", 2003, 8-9
3. Лукина О.Ф. Показатели вентиляционной функции легких у здоровых детей и подростков. В кн. Физиология роста и развития детей и подростков. М., 2000, 345-350
4. Михайлов С.А., Малинин В.Л., Мазуренко О.Г. Минеральная плотность костной ткани в популяционной выборке у лиц мужского пола 15-16 лет. Тез. конф. "Пробл. остеопор. в травматол. и ортопед.", М., 2003, 74-75
5. Моисеева Т. Ю. Минерализация костной ткани растущего организма. Автореф. дисс. д.м.н. М., 2004, 24
6. Проблемы подросткового возраста (избранные главы). Под ред. А.А.Баранова, Л.А. Щеплягиной. М., 2003, 477
7. Савельев Б.П., Ширяева И.С. Функциональные параметры системы дыхания у детей и подростков. М., Медицина, 2001, 232
8. Щеплягина Л.А., Моисеева Т.Ю. Минерализация костной ткани у детей. Росс. педиатр. жур., 2003, 3, 16-22.
9. Atkinson S.A., Brunton J.A., Weiler H. et al. Pattern of growth and body composition in premature compared term infants from term to six months. FASEB J., 1994, 8, A278
10. Isseman R.M., Atkinson S.A., Radoja C. et al. Longitudinal assessment of growth, mineral metabolism, and bone mass in pediatric Crohn's disease. J.Pediatr. Gastroenterol. Nutr., 1993, 17, 401-406
11. Barsanti S., Bertelloni S., Sorrentino M.C. et al. Bone mineral density in childhood obesity. Horm. Res., 1996, 46, 2, 78.
12. Bachrach L.K., Loutit C.W., Moss R.B. Osteopenia in adults with cystic fibrosis. Am.Jmed., 1994, 96, 27-34
13. Bonjour L. Ph., Theintz G., Buchs B. et al. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. J.Clinical Endocrin.Metabol., 1991, 73, 3, 555-563
14. Carrie Fassler A.L., Bongieur L.Ph. Osteoporosis as pediatric problem. Pediatr. Clin. North Am., 1995, 43, 4, 811-24.
15. Gordon C.L., Halton J.M., Atkinson S.A., Webber C.E. The contribution of growth and puberty to peak bone mass. Growth due Aging., 1991, 55, 257-262.
16. Joung N., Formica C., Szmukler G. et al. Bone density at weight-bearing and nonweight-bearing sites in ballet dancers: the effects of exercise, hypogonadism, and body weight. J.Clin. Endocrinol. Metab., 1994, 78, 449-454
17. Leonard M.B., Probert K.J., Zemel B.S. et al. Discrepancies in pediatric bone mineral density reference data: potentials for misdiagnosis of osteopenia. J.Pediatric, 1999, 135, 182-188
18. Molgaard Ch, Thomsen B.L., Prentice A. et al. Whole body bone mineral content in healthy children and adolescents. Repr. Arch. of Dis. Childhood, 1997, 76, 1, 9-15
19. Schonau E. Problems of bone analysis in childhood and adolescence. Pediatr. Nephrol., 1998, 12, 5, 420-429.
20. Stallings V.A., Oddleifson N.W., Negrini B.Y. et al. Bone mineral content and dietary calcium intake in children prescribed a low-lactose diet. J. Pediatric. Gastroenterol. Nutr., 1994, 18, 440-445.
21. Svergel M.S., Kirshtein M., Busch C. et al. Oscillometric twenty four hour ambulatory blood pressure values in healthy children and adolescents: multicenter trial including 1141 subjects. J.Pediatric., 1997, 130, 178-184
22. Weng T.R., Levison H.A. Standards of pulmonary function in children. Am.Rev.Resp.Dis., 1969, 99, 6, 879-894

Поступила 10.09.04

## Abstract

17. L.A. Sheplyagina, T.Y. Moiseeva, I.V. Kruglova  
Clinical assessment of bone mass in children

**Objective.** To give clinical assessment of bone mass main indices in healthy children living in Moscow and Moscow region.

**Material and methods.** 357 healthy children aged 5-16 years (194 male, 163 female) were included. Physical development, bone mineral density (BMD) by 2-power radiological absorptiometry, bone mineral content (BMC) were evaluated.

**Results.** Significant variability of height in children age groups was revealed. 40,2% had disharmonious physical development. BMC and BMD were closely associated with height ( $r=0,8$ ,  $p=0,0001$ ) and body mass ( $r=0,7$ ,  $p=0,0001$ ). Bone mass indices were proved to be significantly less in children with height and body mass less than 10% percentile. BMD growth rate was less than mineral accumulation rate. Method of body mass clinical assessment in children was elaborated.

**Conclusion.** Application of elaborated tables of conjugated values of anthropometric and densitometric indices allows to decrease of osteopenia overdiagnosis in children and determine causes of insufficient bone mineral content.

**Key words:** children, anthropometry, densitometry, osteopenia