

Профилактика переломов: возрастные изменения минеральной плотности в позвоночнике здорового человека и их пороговые значения

В.И. Шевцов, А.А. Свешников, Л.А. Смотровая, Н.Б. Обанина, С.В. Ральникова

Prevention of fractures: age changes of mineral density in the normal human spine and their threshold values

V.I. Shevtsov, A.A. Sveshnikov, L.A. Smotrova, N.B. Obanina, S.V. Ralnikova

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган (генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Получены подробные сведения о возрастных изменениях минеральной плотности в поясничном отделе позвоночника. Они могут быть использованы как нормативные при проведении работы по профилактике переломов среди населения. Максимальная плотность в поясничном отделе позвоночника наблюдалась у здорового человека в возрасте 16-20 лет. Достоверное снижение ее начиналось у женщин в 41-45, у мужчин - в 51-55 лет. Суммарная величина минералов в позвонке, при которой впервые (пороговое значение) происходят переломы у мужчин, составляет 20,939 г, ей соответствовала минеральная плотность 0,970 г/см². У женщин эти величины равны соответственно 17,610 г и 0,936 г/см². У мужчин суммарная величина минералов убывает за каждое десятилетие после 50 лет на 1,1-1,4 г. У женщин этот процесс начинается на 10 лет раньше и потеря равна 1,5-2,4 г.

Ключевые слова: позвоночник, минеральные вещества, возрастные изменения.

The detailed information about age changes of the mineral density in the lumbar spine has been obtained. It can be used as standard one in the work on fracture prevention among population. Maximal density in the lumbar spine was noted in normal humans at the age of 16-20 years. It certainly began to decrease in women at the age of 41-45 years and in men - at the age of 51-55 years. 20,939 g of minerals is their overall amount in a vertebra, at which fractures occur in men for the first time (threshold value), it conforms to the mineral density of 0,970 g/cm². The overall amount of minerals in women 17,610 g and 0,936 g/cm² decreases every 10 years above the age of 50. As for women, this process begins 10 years earlier in them and the loss amounts to 1,5-2,4 g.

Keywords: spine, minerals, age changes.

Изучение возрастных изменений минеральной плотности (МП) в позвоночнике - предмет особого внимания физиологов и клиницистов. Это обусловлено тем, что у женщин возрастная убыль минералов в костях осевого скелета, по мнению ряда исследователей [1, 2], начинается очень рано (с 20 лет). В 20-29 лет механическая прочность трабекулярной кости позвонка уменьшается на 18% [3], а к 60 годам - на 47% [4]. В 85 лет МП снижается на 58% [5], в связи с чем существенно возрастает риск переломов [6, 7]. Есть указания на то, что каждый четвертый перелом позвоночника обусловлен низкой плотностью в нем минералов [8]. Между тем особенность осевого скелета состоит в том, что

при занятии спортом, соответствующей концентрации в крови половых гормонов и хорошем всасывании минералов в кишечнике можно как задержать их убыль, так и несколько поднять возрастную величину МП [9].

Количественная оценка минеральной плотности в позвоночнике стала возможной с появлением метода двуфотонной абсорбциометрии [10, 11], который стали внедрять в практику лишь с 1980 г.

Цель работы - изучение возрастных изменений МП в поясничном отделе позвоночника практически здоровых людей и установление пороговых значений, при которых возникают переломы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Наблюдения проведены на практически здоровых людях, не имевших костной патологии, в возрасте от 5 до 85 лет.

Измерения минеральной плотности пояс-

ничного отдела позвоночника проводили на дихроматическом костном денситометре фирмы "Norland" (США). Обследуемого укладывали на стол на спину, ноги он сгибал в тазобедренных

и коленных суставах под прямым углом. Для облегчения удержания конечностей в таком положении, уменьшающем лордоз позвоночника, к бедрам приставляли изготовленный из поролон блок размерами 38×42×40 см.

Место сканирования определяли по костным ориентирам. Размер поля: длина 15 см, ширина 14 см (по 7 см в стороны от центра пупка). Ось сканирования (начальную и конечную его точки) устанавливали с помощью лазерного луча.

Прибор позволяет измерять суммарное содержание минералов (г) в каждом позвонке, высоту его и ширину. Получали также данные о линейной плотности минералов по глубине (г/см) или толщине позвонка (пучок фотонов проходит снизу вверх). Пространственная плотность минералов (г/см²) рассчитывалась путем деления суммы значений линейной плотности на высоту позвонка. Этот показатель позволяет сравнивать результаты, полученные у лиц разного пола и возраста, и чаще всего используется клиницистами.

Исследование продолжается 15-20 мин. Ошибка воспроизводимости результатов составляла ±2%.

Статистическая обработка результатов. После подтверждения нормальности распределения данных и равенства генеральных дисперсий в сравниваемых выборках применяли: 1) однофакторный дисперсионный анализ – для проверки гипотезы о равенстве средних в двух и более выборках (различиях полученных данных между группами больных и нормой для каждой группы). Статистически значимыми считали отличия при $F > F_{\text{критического}}$ для

$\alpha=0,05$, где F – результат теста, а α – уровень значимости для этого метода; 2) t – критерий Стьюдента (двухвыборочный t -тест с одинаковыми дисперсиями, гомоскедатический) – для сравнения в двух группах. Статистически значимыми считали различия при $P \leq 0,05$, где P – уровень значимости этого критерия; 3) парный t -критерий Стьюдента (парный двухвыборочный t -тест для средних) – для оценки различий показателей у одних и тех же больных до и после проводимого реабилитационного комплекса с $P \leq 0,05$. В случае подтверждения нормального распределения, но неравенства генеральных дисперсий в сравниваемых совокупностях применяли двухвыборочный t -тест с различными дисперсиями (гетероскедатический) с $P \leq 0,05$. При плотном распределении в аналогичных сравнениях применяли непараметрические методы (критерий Крускала-Уоллиса, T -критерий Манна-Уитни и W -критерий Уилкоксона с уровнем значимости в 5%).

Для сравнения качественных данных применяли критерий χ^2 и критерий Мак-Нимара. Для анализа зависимостей использовали коэффициент корреляции Пирсона и коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Все результаты в таблицах представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое выборки, m – стандартная ошибка (ошибка среднего). Указывали n – число наблюдений и проверяли нормальность распределения данных. В качестве инструмента вычислений использован пакет статистического анализа и встроенные формулы расчетов компьютерной программы Microsoft® Excell (Microsoft® Office 1997 – Professional Runtime).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При сравнительном изучении МП в позвонках поясничного отдела (возрастная группа 46-50 лет, табл. 1) обращало на себя внимание следующее: плотность непрерывно возрастала от первого до пятого позвонка на 3%. У женщин МП меньше, чем у мужчин, на 31-35%.

Ширина позвонков также увеличивалась по мере приближения к костям таза: 5-й позвонок на 27% шире 1-го. У женщин ширина позвонков на 7-9% меньше (по сравнению с мужчинами). Площадь позвонков – прямопропорциональна их размерам.

Минеральная плотность и ширина позвонков достигала наибольших величин в возрастной группе 16-20 лет (табл. 2). У мужчин ширина позвонка больше на 6,3%, чем у женщин, а МП – на 20,7%.

Тенденция к снижению (на 4%) суммарной величины минералов у мужчин выявлялась в возрастной группе 51-55 лет (табл. 2), ширина позвонков в этом возрасте увеличена на 7% за счет разрастания надкостницы. У женщин (табл. 3) тенденция к уменьшению (на 5,6%) минеральной плотности отмечена на 10 лет

раньше (41-45 лет); ширина позвонка к этому возрасту увеличена на 4%.

В 70 лет суммарное значение минералов уменьшалось у мужчин на 13,4% ($P < 0,05$), у женщин – на 34% ($P < 0,001$). Ширина позвонка была увеличена соответственно на 10,5 и 8%. В 80-90 лет количество минералов у мужчин снижено на 17,4-20,0% ($P < 0,05$), у женщин – на 42,5-47% ($P < 0,001$). Ширина позвонка возрастала соответственно на 12,8-14 и 9,9-11%.

Наибольшая МП у мужчин и женщин наблюдалась в 20 лет. Статистически достоверное снижение у женщин происходило в 41-45, у мужчин – в 51-55 лет.

Изучение изменений МП в поясничном отделе позвоночника является актуальной проблемой травматологии, так как переломы чаще всего возникают в верхних поясничных и нижних грудных позвонках. Прочность снижается пропорционально изменению массы и в меньшей мере зависит от плотности только трабекулярной кости, которая определяется лишь для того, чтобы свести до минимума ошибку.

Таблица 1.

Суммарное содержание минералов и минеральная плотность в поясничных позвонках у здоровых людей в возрасте 46-50 лет ($M \pm m$, $n = 60$)

Номер позвонка	Показатели				
	Суммарная величина (г) минералов	Ширина позвонка (см)	Площадь позвонка (см ²)	Минеральная плотность	
				г/см	г/см ²
Мужчины					
1	21,014±2,221	4,539±0,251	17,110±1,876	5,015±0,240	1,042±0,028
2	21,664±2,106	4,675±0,336	17,623±1,925	5,165±0,210	1,073±0,026
3	22,275±1,254	4,814±0,317	18,137±1,410	5,316±0,033	1,105±0,040
4	22,695±2,304	4,902±0,303	18,479±1,634	5,416±0,360	1,125±0,032
5	23,325±1,816	5,038±0,287	18,992±1,453	5,717±0,073	1,157±0,036
Женщины					
1	16,790±1,876	4,221±0,301	15,741±2,004	3,897±0,140	0,873±0,019
2	17,293±1,921	4,337±0,243	16,213±1,753	4,014±0,235	0,899±0,030
3	17,797±1,453	4,464±0,196	16,685±1,342	4,131±0,062	0,925±0,027
4	18,133±1,653	4,548±0,311	17,000±1,756	4,209±0,320	0,943±0,036
5	18,637±1,483	4,674±0,264	17,473±1,814	4,326±0,068	0,969±0,029

Таблица 2.

Возрастные изменения минеральной плотности и размера третьего поясничного позвонка у здоровых женщин ($M \pm m$) в возрасте 5-85 лет

Возраст (годы)	Число наблюдений	Ширина (см)	Площадь (см ²)	Минеральная плотность		Всего минералов (г)
				г/см	г/см ²	
5	15	2,210±0,279	7,735±0,610	2,014±0,188	0,811±0,049	7,996±0,793
6-10	20	3,280±0,293	11,480±1,049	3,110±0,224	0,948±0,047	12,347±1,297
11-15	30	3,750±0,324	12,775±1,188	3,686±0,288	0,982±0,036	15,090±1,532
16-20	40	4,528±0,378	14,710±1,229	4,721±0,362	1,109±0,031	18,596±1,698
21-25	40	4,284±0,293	14,985±1,354	4,685±0,247	1,090±0,040	18,509±1,532
26-30	40	4,320±0,243	15,325±1,327	4,521±0,167	1,047±0,036	18,442±1,476
31-35	60	4,356±0,220	15,665±1,347	4,484±0,120	1,029±0,040	18,296±1,410
36-40	60	4,392±0,201	16,005±1,350	4,327±0,101	0,982±0,038	17,972±1,396
41-45	60	4,428±0,190	17,345±1,370	4,236±0,082	0,956±0,035	17,610±1,427
46-50	60	4,464±0,196	17,685±1,342	4,131±0,062	0,925±0,027	16,797±1,453
51-55	60	4,500±0,210	17,025±1,410	3,978±0,080	0,884±0,040	15,761±1,499
56-60	60	4,536±0,227	18,365±1,440	3,615±0,099	0,797±0,047	14,352±1,520
61-65	55	4,572±0,243	18,705±1,290	3,265±0,120	0,736±0,035	13,359±1,470
66-70	48	4,608±0,267	18,045±1,325	3,105±0,143	0,674±0,030	12,327±1,390
71-75	32	4,644±0,280	18,385±1,357	2,999±0,176	0,675±0,041	11,906±1,420
76-80	20	4,680±0,290	18,725±1,410	2,743±0,193	0,586±0,042	10,890±1,490
81-85	18	4,709±0,325	18,750±1,388	2,502±0,252	0,531±0,051	9,933±1,510

Таблица 3.

Возрастные изменения минеральной плотности и размера III-го поясничного позвонка у здоровых мужчин ($M \pm m$) в возрасте 5-85 лет

Возраст (годы)	Число наблюдений	Всего минералов, г	Ширина позвонка, см	Площадь позвонка, см ²
5	15	9,598±0,877	2,810±0,268	9,503±0,697
6-10	20	14,825±1,387	3,991±0,325	13,498±1,247
11-15	30	18,048±1,724	4,014±0,377	13,580±1,278
16-20	40	22,490±1,986	4,527±0,401	15,217±1,417
21-25	40	22,454±1,724	4,564±0,315	15,687±1,524
26-30	40	22,410±1,534	4,614±0,384	16,157±1,377
31-35	60	22,376±1,124	4,664±0,362	16,627±1,129
36-40	60	22,376±1,234	4,714±0,322	17,197±1,164
41-45	60	22,314±1,108	4,761±0,287	17,667±1,325
46-50	60	22,275±1,254	4,811±0,317	18,137±1,410
51-55	60	21,608±1,420	4,857±0,409	18,607±1,377
56-60	60	20,939±1,379	4,907±0,387	19,077±1,487
61-65	55	20,270±1,455	4,995±0,422	19,547±1,499
66-70	48	19,825±1,576	5,003±0,476	20,017±1,522
71-75	32	18,933±1,587	5,051±0,453	20,460±1,528
76-80	20	18,542±1,524	5,109±0,467	20,930±1,554
81-85	18	18,216±1,557	5,141±0,445	21,030±1,447

Как следует из табл. 4, суммарное содержание минералов в позвонке, при котором впервые (пороговое значение) происходят переломы у мужчин, составляло 20,939 г, ему соответствует МП 0,970 г/см². У женщин эти значения равны соответственно 17,610 г и 0,936 г/см². У мужчин суммарное количество минералов убывает за каждое десятилетие после 50 лет на 1,1-1,4 г. У женщин этот процесс начинается на 10 лет раньше и потеря равна 1,5-2,4 г.

Число клиновидных и поперечных переломов позвоночника существенно возрастало при уменьшении плотности: при снижении ее на 20% они встречались в 11% случаев, на 36% – в 48%.

На МП в позвонках и, следовательно, на их прочность влияет концентрация гормонов [2, 3]. Так, например, в течение 2-3-х лет после менопаузы потеря минералов в поясничных позвонках состав-

ляет 6% за год. Поэтому у женщин 50-79 лет 95% переломов происходит при массе минералов 16,8-10,9 г (МП - 0,925-0,595 г/см²). Уменьшение минеральной плотности в позвонках ведет к тому, что у женщин 51-65 лет в 6 раз больше переломов, чем у мужчин, а после 70 лет - в два раза больше. Подобное соотношение не случайно, так как у женщин на 30% меньше исходная масса минералов.

К 80-ти годам МП у женщин уменьшалась на 42%, у мужчин - на 20%. У женщин это приводило к тому, что механическая прочность позвонка в 80 лет уменьшалась в 2,6 раза, а его трабекулярной его трабекулярной ткани - в 4 раза. Исходя из вышеизложенного, становится понятным, что МП может быть использована как непрямой показатель изменения компрессионной прочности (зависимость между МП и прочностью прямолинейная до величины 9,8 г).

Таблица 4.

Пороговые значения минеральной плотности в позвоночнике, при которых происходят переломы

Возраст (годы)	Всего минералов (г)	Плотность минералов		Порог, г/см ²	Переломы на 1000
		г/см	г/см ²		
Мужчины					
31-35	22,376±1,124	5,500±0,044	1,179±0,030		
51-60	20,939±1,379	4,888±0,032	0,996±0,032	0,970±0,032	5
61-70	19,825±1,576	4,707±0,044	0,941±0,040		17
71-80	18,542±1,524	4,526±0,045	0,886±0,043		73
81-90	17,142±1,526	4,380±0,046	0,846±0,040		75
Женщины					
31-35	18,296±1,410	4,484±0,120	1,029±0,040		
41-45	17,610±1,423	4,236±0,032	0,956±0,024	0,936±0,036	7
46-50	16,797±1,329	4,131±0,024	0,925±0,029		45
51-60	14,352±1,520	3,615±0,099	0,797±0,047		110
61-70	12,327±1,390	3,105±0,143	0,674±0,030		150
71-80	10,890±1,490	2,743±0,193	0,586±0,042		165
81-90	9,809±1,476	2,476±0,229	0,572±0,043		174

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенные исследования выявили различную МП в поясничном отделе позвоночника: она возрастала от 1-го позвонка к 5-му. Получены данные о возрастных изменениях на одном и том же (3-м) поясничном позвонке, в то время как большинство исследователей приводит среднюю величину минералов, полученную при обследовании 1-4-го поясничных позвонков [12-15]. Кроме того, наряду с данными о линейной и пространственной плотности, нами получены сведения суммарной МП в позвонке. Эти данные являются наиболее достоверными, показатели плотности лишь дополняют их [2, 3].

Возрастные изменения МП изучены нами через каждые 5 лет, в то время как большинство исследователей приводят их через интервал в 10 лет [16-19], причем под наблюдением находились небольшие группы людей, после чего по формулам рассчитывали угол наклона кривой, строили линию, якобы отражающую возрастную динамику изменения минералов [20-23]. Убыль их представлялась, таким образом, как некоторая постоянная

из года в год величина. Наши наблюдения показали, что у женщин в возрасте 50-60 лет, когда уменьшается, а затем полностью прекращается синтез половых гормонов, возникают более глубокие изменения, чем в предыдущие и последующие годы. Аналогичная закономерность отмечена и другими исследователями [12, 24, 25].

В литературе последних лет имеются данные о МП в губчатом веществе тела позвонка, полученные методом количественной компьютерной томографии [25, 26]. В смысле выяснения общих закономерностей возрастных изменений МП эти данные совпадают с нашими, имеют одну направленность [13, 27].

В литературе есть указания, что снижение МП у женщин начинается в 20 лет [1, 2]. Нами, при тщательно проведенных наблюдениях на большом числе здоровых лиц, установлено, что статистически достоверные изменения у женщин начинаются в возрасте 41-45 лет.

К 60 годам у женщин теряется 23% суммарной величины минералов (у мужчин - 7%). В после-

дующие годы их количество у женщин снижается более быстрыми темпами (по сравнению с таковыми у мужчин), и в 80-90 лет оно ниже величин, наблюдаемых в 30 лет, более чем в 2 раза. Эти данные могут быть использованы как нормативные при организации профилактики переломов.

Установлено, что ширина позвонков увеличивается: к 90 годам у мужчин - на 14, у женщин - на 11%. В связи с этим растет площадь поперечного

сечения позвонка, что доказано соответствующими исследованиями [7] и рассматривается как компенсация механической прочности, снижающейся в связи с убылью минералов. Увеличение размеров наблюдается и в других костях скелета, например в метакарпальных [28]. Это увеличение может рассматриваться как генерализованное явление у здоровых лиц [22]. У женщин, страдающих остеопорозом, такие сдвиги отсутствуют [16].

ВЫВОДЫ

Максимальная минеральная плотность в поясничном отделе позвоночника здорового человека наблюдалась в возрасте 16-20 лет.

Достоверное снижение минеральной плотности в позвоночнике начиналось у женщин в 41-45, у мужчин - в 51-55 лет.

Суммарная величина минералов в позвонке, при которой впервые (пороговое значение) происходят переломы у мужчин, составляет 20,939 г, ей

соответствует плотность 0,970 г/см². У женщин эти величины равны соответственно 17,610 г и 0,936 г/см². У мужчин суммарное содержание минералов убывает за каждое десятилетие после 50 лет на 1,1-1,4 г. У женщин этот процесс начинается на 10 лет раньше и потеря равна 1,5-2,4 г.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 01-04-96422).

ЛИТЕРАТУРА

1. Riggs B.L., Wahner H.W., Dunn W.L. Differential changes in bone mineral density of the appendicular and axial skeleton with aging // *J. Clin. Invest.* - 1981. - v. 67. - P. 328-335.
2. Wahner H.W., Dunn W.L., Riggs B.L. Noninvasive bone mineral measurement // *Sem. Nucl. Med.* - 1983. - Vol.13. - P. 282-289.
3. Mazess R.B. Noninvasive methods for quantitating trabecular bone // *The osteoporotic syndrome: prevention and treatment.* - N.Y.: JRL Pres, 1983. - P. 15-114.
4. Krölnner B., Toft B., Nielsen S.P. Physical exercise as prophylaxis against involutional vertebrae bone loss: a controlled trial // *Clin. Sci.* - 1983. - Vol. 64. - P. 541-546.
5. Wahner H.W., Dunn W.L., Mazess R.B. Dual-photon ¹⁵³Gd absorptiometry of bone // *Radiology.* - 1985. - Vol. 156. - P. 203-206.
6. Mosekilde L., Viidik A., Mosekilde L. Correlation between the compressive strength of iliac and vertebral trabecular bone in mineral individuals // *Bone.* - 1985. - Vol. 6. - P. 291-295.
7. Mosekilde L., Mosekilde L. Normal vertebral body size and compressive strength: relations to age and to vertebral and iliac trabecular bone compressive strength // *Bone.* - 1986. - Vol. 7. - P. 207-212.
8. Gam S.M. Adult bone loss fracture epidemiology and nutritional implications // *Nutrition.* - 1973. - Vol. 27. - P. 107-115.
9. Riggs B.L., Seeman E., Hodgson S.F. Effect of the fluoride/calcium regimen on vertebral fracture occurrence in postmenopausal osteoporosis // *New England J. Med.* - 1982. - N 306. - P. 446-450.
10. Roos B.O. Dual photon absorptiometry in lumbar vertebrae precision and reproducibility // *Acta Radiol. Ther. Phys. Biol.* - 1975. - Vol. 14. - P. 291-303.
11. Wahner H.W., Dunn W.L., Riggs B.L. Assessment of bone mineral // *J. Nucl. Med.* - 1984. - Vol. 25. - P. 1134-1153.
12. Wasnich R.D., Roos P.D., Heilbrun L.K. Prediction of postmenopausal fracture risk with use of bone mineral measurements // *Am. J. Obstet. Gynecol.* - 1985. - Vol. 153. - P. 745-751.
13. Reinbold W.D., Genant H.K., Reiser U.J. Bone mineral content in early-postmenopausal and postmenopausal osteoporotic women: comparison of measurement methods // *Radiology.* - 1986. - Vol. 160. - P. 469-478.
14. Lindquist O., Bengtsson C., Hansson T. Changes in bone mineral content of the axial skeleton in relation to aging and the menopause // *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* - 1983. - Vol. 43. - P. 333-338.
15. Mazess R.B. Measurement of skeletal status by noninvasive methods // *Calcif. Tissues Int.* - 1979. - Vol. 28. - P. 89-92.
16. Mazess R.B. On aging bone loss // *Clin. Orthop.* - 1982. - N 165. - P. 239-252.
17. Geusens P., Dequecker J., Vertaeten A. Age, sex and menopause-related of vertebral and peripheral bone: population study using dual and single photon absorptiometry and radiogrammetry // *JNM.* - 1986. - Vol. 27. - P. 1540-1549.
18. Pacifici R., Susman N., Carr P.L. Single and dual energy tomographic analysis of spinal trabecular bone: a comparative study in normal and osteoporotic women // *J. Clin. Endocrin. Metab.* - 1987. - Vol. 64. - P. 209-214.
19. Meier D.E., Orwoll E.S., Jones J.M. Marked disparity between trabecular and cortical bone loss with age in healthy men // *Ann. Int. Med.* - 1984. - Vol. 101. - P. 605-612.
20. Parfitt A.M. Age related structural changes in trabecular and cortical bone: cellular mechanism and biomechanical consequences // *Calcif. Tissue Int.* - 1984. - Vol. 36. - P. 123-128.
21. Madson M. Vertebral and peripheral bone mineral content by photon absorptiometry // *Invest. Radiol.* - 1977. - Vol. 12. - P. 185-188.
22. Hansson T., Roos B. The influence of age, height and weight on the bone mineral content of lumbar vertebrae // *Spine.* - 1980. - Vol. 5. - P. 545-551.
23. Genant H.K., Boyd D. Quantitative bone mineral analysing using dual energy computer tomography // *Invest. Radiol.* - 1977. - Vol. 12. - P. 545-551.
24. Krölnner B. Osteoporosis and normality: how to express the bone mineral content of lumbar vertebrae // *Clin. Physiology.* - 1982. - N 2. - P. 139-146.
25. Nottenstad S.Y., Baumell J.J., Kimmel D.B. The proportion of trabecular bone in human vertebrae // *J. Bone Min. Res.* - 1987. - N 2. - P. 221-229.
26. Mazess R.B., Vetter J.A. A comparison of dual-photon absorptiometry and dual energy computerized tomography for vertebral mineral // *Fourth Intern. Workshop on bone soft tissue densitometry using computed tomography.* - Angers (France), 1984. - P. 37-39.
27. Gam S.M., Rohmann C.G., Wagner B. Continuing bone growth throughout life // *Am. J. Phys. Anthropol.* - 1967. - Vol. 26. - P. 313-318.
28. Krölnner B., Nielsen B., Lund B. Measurement of bone mineral content of the lumbar spine // *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* - 1980. - Vol. 40. - P. 665-670.