© Группа авторов, 2001

Профилактика переломов: возрастные изменения минеральной плотности в костях верхней конечности и их показатели при переломах

В.И. Шевцов, А.А. Свешников, С.В. Ральникова, Л.А. Смотрова

Prevention of fractures: age changes of mineral density in upper limb bones and their indices for fractures

V.I. Shevtsov, A.A. Sveshnikov, S.V. Ralnikova, L.A. Smotrova

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)

У практически здоровых лиц в возрасте 5-85 лет изучены изменения минеральной плотности в плечевой, локтевой, лучевой костях и проксимальных фалангах пальцев кисти. В диафизе костей верхней конечности в возрасте 50 лет минеральная плотность уменьшалась на 2-7% по сравнению с 30 годами, в метафизе - на 7-14%. В 70 лет эти величины составили соответственно 10,5-18 и 27%. В возрасте 80 лет минеральная плотность у мужчин в диафизах длинных костей снижена на 16-19%, в фалангах пальцев - на 38%. У женщин эти величины составляли соответственно 18-35 и 63%. В дистальном метафизе лучевой и локтевой костей минеральная плотность в 85 лет у мужчин уменьшена на 23%, у женщин - на 46%.
Ключевые слова: скелет, возрастные изменения, минеральная плотность.

Changes of mineral density in humerus, ulna, radius and proximal phalanges of hand fingers were studied in practically normal subjects of 5-85 years old. At the age of 50 years mineral density 2-7% decreased in diaphysis of upper limb bones versus the age of 30, it 7-14% decreased in metaphysis. At the age of 70 these values were 10,5-18% and 27%, respectively. At the age of 80 mineral density 16-19% decreased in diaphyses of long tubular bones in men, it 38% decreased in their finger phalanges. As for women, these values were 18-35% and 63%, respectively. In the distal metaphysis of radius and ulna mineral density 23% decreased in men at the age of 85 and in women it 46% decreased.
Keywords: skeleton, age changes, mineral density.

Определение минеральной плотности (МП) в костях здорового человека является труднорешаемой задачей, так как для этого необходим простой, точный и необременительный для обследуемого метод. Он был предложен в 1963 году и назван фотонной абсорбциометрией [1]. За прошедшие годы этот метод совершенствовали и модифицировали, разрабатывали теорию прохождения фотонного пучка через кость, приспосабливали вычислительную технику для автоматического расчета данных: дисплеи - с целью получения изображения места измерения, лазерный луч - для локализации места исследования. При массовых обследованиях здоровых людей накоплены данные, позволившие оценить точность метода (ошибка измерения ±2%). Итогом кропотливой работы явилось то, что фотонная абсорбциометрия стала одним из самых точных методов определения МП в кости. Эти данные необходимы для характеристики возрастных изменений, выявления участков кости, где происходит наиболее значительная убыль минералов, вследствие чего существенно возрастает риск переломов. В настоящее время установлено, что 20% переломов длинных костей и 25% переломов позвоночника происходят в связи с резким снижением МП у лиц пожилого и старческого возраста [2]. Следовательно, материалы важны для разработки мероприятий по профилактике переломов.

Особый теоретический и практический интерес представляет определение МП в костях верхней конечности, так как они страдают чаще нижней, причем дистальные отделы - больше проксимальных. В мелких костях остеопороз выражен резче, чем в диафизах длинных.

До последнего времени основное внимание исследователей было сосредоточено на определении МП в лучевой кости - на границе нижней и средней ее третей [3-6], в то время как сведения об изменениях в дистальной ее части, где чаще всего происходят переломы, крайне немногочисленны. Наблюдения в плечевой кости сделаны только у школьников [7]. Мало сведений о возрастных сдвигах минеральной плотности в локтевой кости [8].

Исходя из изложенного, в задачу нашего исследования входило изучение возрастных изменений МП в плечевой кости, костях предплечья и фалангах пальцев.

МЕТОДИКА

Под наблюдением находилось 1578 практически здоровых людей в возрасте 5-80 лет, из них 773 мужчин и 805 женщин.

Для измерения МП в фалангах пальцев использовали анализатор минералов (фирма «Norland» США), предназначенный для обследований в сравнительно небольших объемах тканей. Определения в плечевой кости и диафизах костей предплечья выполняли на дихроматическом костном денситометре этой же фирмы. На экране дисплея отображался просканированный участок и кривая распределения в нем минералов.

Возрастные изменения в плечевой кости изучали в проксимальном метафизе (5% длины) и диафизе (50% длины), в лучевой и локтевой костях - на расстоянии 2, 10 и 33% их длины от лучезапястного сустава, а также в диафизе (50% длины) основной фаланги II, III и IV-го пальцев.

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 $F>F$ 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 $P\leq0,05$, 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 не равенства генеральных дисперсий в сравниваемых совокупностях применяли двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями (гетероскедатический) с $P\leq0,05$.

При плотном распределении в аналогичных сравнениях применяли непараметрические методы (критерий Крускала -Уоллиса, Т-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±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

Рост и масса тела обследованных лиц обоего пола представлены в таблице 1.

Плечевая кость. Распределение МП по длиннику кости в возрастной группе 46-50 лет представлено в таблице 2. Наибольшая плотность отмечена в средней трети диафиза. У мужчин она на 17% выше, чем у женщин ($p<0,05$). По мере приближения к метафизам МП убывала на 26-28% ($p<0,001$).

При изучении возрастных сдвигов отмечено, что МП и ширина кости однонаправленно увеличивались у детей в возрасте 5-15 лет. После 15 лет эти параметры возрастали более быстрыми темпами у юношей. Значительный прирост МП происходил в возрастной группе 16-20 лет и составлял у мужчин 1,09 г/см ($p<0,001$), у женщин - 0,64 г/см ($p<0,01$). Максимальные значения МП наблюдали в возрасте 31-35 лет, они составляли у мужчин 2,95 г/см, у женщин - 2,48 г/см ($p<0,01$).

В дальнейшем у мужчин минеральная плотность практически не изменялась до 55 лет, у женщин - до 50 лет. Затем она начинала снижаться и в 70 лет уменьшалась у мужчин на 11%, у женщин - на 14% (табл. 3-5).

Таблица 1.

Рост и масса тела у здоровых людей в возрасте 5-85 лет

Возраст (годы)	Мужчины			Женщины		
	Число обследованных	Рост, см	Масса тела, кг	Число обследованных	Рост, см	Масса тела, кг
5	20	102,3	16,2	20	99,0	15,5
6-10	40	130,7	27,8	40	128,6	27,8
11-15	40	141,0	52,4	40	147,2	45,3
16-20	40	175,1	70,0	40	162,3	55,0
21-25	40	176,2	69,7	40	163,2	58,3
26-30	60	176,2	71,4	60	163,7	61,0
31-35	60	176,1	72,8	60	163,2	62,0
36-40	60	176,2	72,7	60	163,4	62,8
41-45	60	176,3	72,8	60	163,8	65,6
46-50	60	176,2	74,7	60	163,1	65,9
51-55	60	176,1	74,3	60	162,8	66,9
56-60	60	174,6	73,6	60	161,9	63,9
61-65	55	173,4	71,6	60	160,0	63,6
66-70	48	172,3	69,3	50	158,1	63,6
71-75	32	171,1	67,1	40	156,3	61,6
76-80	20	169,1	64,0	30	154,2	57,4
81-85	18	165,3	62,0	25	152,3	54,3

Примечание: рост: m = ±3,1-4,8 см; масса тела: m = ±0,25-0,54 кг.

Таблица 2.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в различных участках плечевой кости у здоровых лиц в возрасте 46-50 лет

Место измерения (% длины)	МП, г/см		Ширина, см		МП, г/см^2		МП, г/см^3	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
20	2,47	2,04	2,80	2,71	0,87	0,75	0,91	0,81
35	2,71	2,15	2,16	2,01	1,22	1,01	1,17	1,12
50	2,84	2,84	2,16	2,00	1,32	1,20	1,26	1,20
65	2,73	2,73	2,18	2,00	1,24	1,03	1,14	1,11
80	2,44	2,44	2,82	2,68	0,84	0,75	0,90	0,80

Примечание: МП, г/см, m = ±0,01 – 0,04; ширина, m = ±0,04 – 0,09; МП, г/см^2, m = ±0,02 – 0,06; МП, г/см^3, m = ±0,05 – 0,08.

Таблица 3.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в диафизе (50% длины) плечевой кости у здоровых мужчин и женщин в возрасте 5-85 лет

Возраст, лет	Мужчины			Женщины		
	МП, г/см	Ширина диафиза, см	МП, г/см^2	МП, г/см	Ширина диафиза, см	МП, г/см^2
5	0,86	1,24	0,69	0,77	1,18	0,59
6-10	1,22	1,54	0,79	1,11	1,48	0,71
11-15	1,66	1,85	0,89	1,60	1,77	0,89
16-20	2,75	2,09	1,30	2,24	1,90	1,13
21-25	2,80	2,15	1,31	2,30	2,00	1,15
26-30	2,84	2,15	1,32	2,42	2,05	1,18
31-35	2,95	2,17	1,36	2,48	2,05	1,21
36-40	2,92	2,16	1,35	2,46	2,04	1,21
41-45	2,89	2,16	1,34	2,44	2,03	1,20
46-50	2,84	2,16	1,32	2,42	2,00	1,20
51-55	2,80	2,16	1,30	2,32	1,98	1,17
56-60	2,71	2,17	1,25	2,28	1,96	1,16
61-65	2,68	2,19	1,22	2,20	2,00	1,10
66-70	2,64	2,25	1,18	2,14	2,04	1,05
71-75	2,58	2,27	1,14	2,04	2,06	0,99
76-80	2,52	2,29	1,10	1,96	2,10	0,93
81-85	2,48	2,30	1,08	1,88	2,14	0,88

Примечание: здесь, а также в табл. 3-5: МП, г/см, m = ±0,02 - 0,04; ширина, m = ±0,05 – 0,10 см; МП, г/см^2, m = ± 0,01 - 0,04.

Таблица 4.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в проксимальном метафизе плечевой кости (10% длины)

Возраст (годы)	Мужчины			Женщины		
	Метафиз			Метафиз		
	МП, г/см	Ширина, см	МП, г/см^2	МП, г/см	Ширина, см	МП,г/см^2
5	1,38	2,04	0,67	0,87	1,68	0,52
6-10	1,78	2,31	0,77	1,25	1,95	0,64
11-15	2,17	2,60	0,83	1,77	2,60	0,68
16-20	2,38	2,75	0,87	1,97	2,66	0,74
21-25	2,43	2,81	0,86	2,02	2,69	0,75
26-30	2,42	2,81	0,86	2,05	2,70	0,76
31-35	2,45	2,81	0,87	2,02	2,69	0,75
36-40	2,43	2,80	0,87	2,01	2,68	0,75
41-45	2,45	2,80	0,88	2,00	2,70	0,74
46-50	2,47	2,80	0,88	2,04	2,71	0,75
51-55	2,48	2,81	0,88	2,03	2,70	0,75
56-60	2,47	2,83	0,87	1,99	2,72	0,73
61-65	2,43	2,85	0,85	1,95	2,74	0,71
66-70	2,37	2,88	0,82	1,82	2,75	0,76
71-75	2,31	2,90	0,80	1,77	2,77	0,64
76-80	2,27	2,92	0,78	1,73	2,79	0,62
81-85	2,20	2,94	0,75	1,57	2,81	0,56

Таблица 5.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в проксимальном метафизе плечевой кости (2% длины или 0,5 см от плечевого сустава)

Возраст (годы)	Мужчины			Женщины		
	Метафиз			Метафиз		
	МП,г/см	Ширина, см	МП, г/см^2	МП, г/см	Ширина, см	МП, г/см^2
5	0,40	1,25	0,32	0,28	1,09	0,26
6-10	0,54	1,55	0,35	0,37	1,32	0,28
11-15	0,68	1,70	0,40	0,60	1,50	0,40
16-20	0,88	1,84	0,48	0,78	1,67	0,47
21-25	1,06	1,92	0,55	0,87	1,70	0,51
26-30	1,14	1,90	0,60	0,89	1,68	0,53
31-35	1,20	1,91	0,63	0,88	1,70	0,52
36-40	1,18	1,90	0,62	0,91	1,68	0,54
41-45	1,17	1,91	0,61	0,90	1,69	0,53
46-50	1,20	1,92	0,63	0,88	1,70	0,52
51-55	1,15	1,91	0,60	0,86	1,68	0,51
56-60	1,05	1,90	0,55	0,82	1,70	0,48
61-65	0,96	1,92	0,50	0,69	1,72	0,40
66-70	0,95	1,97	0,48	0,65	1,75	0,37
71-75	0,92	1,99	0,46	0,56	1,76	0,32
76-80	0,90	2,01	0,45	0,54	1,79	0,30
81-85	0,73	2,03	0,43	0,51	1,82	0,28

Кости предплечья. При изучении распределения МП по длиннику этих костей обращает на себя внимание большая линейная плотность (г/см) у мужчин (34%) и женщин (15%) в лучевой кости по сравнению с локтевой. Это обусловлено значительно большей шириной лучевой кости. Различия МП в г/см^2 (с учетом ширины) уменьшались до 6-7%, что давало возможность получить сравнимое представление об относительной плотности в этих костях (табл. 6).

Наибольшая минеральная плотность наблюдалась в возрасте 31-35 лет: в лучевой кости она выше на 7% по сравнению с локтевой (табл. 7 и 8). В последующие годы этот показатель оставался неизменным до 60 лет у мужчин и до 55 лет - у женщин. У людей старшего возраста происходило существенное снижение МП: в 70 лет у мужчин - на 10,5%, у женщин - на 18%; в 90 лет эти величины составляли соответственно 19,5 и 35%.

Таблица 6.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в различных участках локтевой и лучевой костей здоровых лиц в возрасте 46-50 лет

% длины от лучезапястного сустава	МП, г/см		Ширина, см		МП, г/см^2		МП, г/см^3	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
Локтевая кость								
5	1,21	0,94	2,08	1,88	0,58	0,50	0,92	0,77
10	1,25	0,98	1,92	1,70	0,65	0,58	1,02	0,86
20	1,28	0,99	1,59	1,36	0,81	0,73	1,20	1,10
33	1,30	1,01	1,60	1,38	0,81	0,73	1,29	1,10
40	1,29	1,00	1,60	1,37	0,81	0,74	1,28	1,10
50	1,29	1,01	1,59	1,38	0,81	0,73	1,28	1,11
60	1,30	1,01	1,60	1,39	0,80	0,72	1,29	1,10
Лучевая кость								
5	1,10	0,71	2,10	1,87	0,52	0,38	0,85	0,61
10	1,15	0,78	2,00	1,75	0,58	0,46	0,94	0,73
20	1,17	0,81	1,54	1,30	0,76	0,62	1,24	0,98
33	1,21	0,85	1,53	1,29	0,79	0,66	1,26	1,00
40	1,23	0,88	1,52	1,30	0,81	0,68	1,27	1,04
50	1,28	0,91	1,54	1,29	0,83	0,71	1,28	1,05
60	1,26	0,87	1,55	1,30	0,81	0,67	1,25	1,03

Примечание: МП, г/см, m = ±0,02 – 0,05; ширина, m = ± 0,05 – 0,08 см; МП, г/см^2, m = ±0,01 – 0,05; МП, г/см^3, m = ±0,03 – 0,05.

Таблица 7.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в диафизе (33% длины) лучевой кости в возрасте 5-85 лет

Возраст (годы)	Диафиз			Компактное вещество			Диафиз			Компактное вещество		
	МП, г/см	ширина, см	МП, г/см^2	площадь, см^2	МП, г/см	МП, г/см^3	МП, г/см	ширина, см	МП, г/см^2	площадь, см^2	МП, г/см	МП, г/см^3
	Мужчины						Женщины					
5	0,32	0,79	0,41	0,49	0,31	0,63	0,35	0,83	0,40	0,44	0,30	0,68
6-10	0,49	1,00	0,49	0,62	0,47	0,75	0,49	1,06	0,46	0,57	0,42	0,44
11-15	0,80	1,30	0,62	0,78	0,77	0,97	0,66	1,17	0,56	0,70	0,58	0,83
16-20	1,01	1,46	0,69	0,88	0,97	1,10	0,82	1,24	0,66	0,74	0,76	1,03
21-25	1,13	1,49	0,79	0,90	1,10	1,00	0,87	1,26	0,70	0,75	0,80	1,07
26-30	1,16	1,50	0,77	0,91	1,00	1,22	0,87	1,25	0,70	0,75	0,80	1,07
31-35	1,20	1,51	0,79	0,91	1,22	1,26	0,91	1,28	0,70	0,75	0,80	1,04
36-40	1,20	1,52	0,79	0,92	1,26	1,26	0,91	1,28	0,71	0,77	0,80	1,04
41-45	1,21	1,52	0,79	0,91	1,26	1,26	0,86	1,28	0,71	0,77	0,78	1,01
46-50	1,21	1,53	0,79	0,91	1,26	1,26	0,85	1,29	0,67	0,77	0,77	1,00
51-55	1,20	1,53	0,78	0,91	1,25	1,25	0,84	1,27	0,66	0,75	0,75	1,00
56-60	1,19	1,54	0,77	0,91	1,24	1,24	0,84	1,26	0,66	0,73	0,73	1,00
61-65	1,17	1,55	0,75	0,90	1,23	1,23	0,83	1,26	0,65	0,73	0,73	1,00
66-70	1,14	1,56	0,73	0,87	1,17	1,17	0,79	1,28	0,62	0,74	0,70	0,95
71-75	1,13	1,57	0,71	0,85	1,15	1,15	0,74	1,29	0,57	0,77	0,68	0,88
76-80	1,07	1,57	0,68	0,84	1,12	1,12	0,69	1,32	0,52	0,81	0,60	0,74
81-85	1,03	1,56	0,66	0,86	1,03	1,03	0,67	1,33	0,50	0,83	0,58	0,70

Таблица 8.

Возрастные изменения минеральных веществ в диафизе (33% длины) локтевой кости в возрасте 5-85 лет

Возраст (годы)	Диафиз			Компактное вещество			Диафиз			Компактное вещество		
	МП, г/см	ширина, см	МП, г/см^2	площадь, см^2	МП, г/см	МП, г/см^3	МП, г/см	ширина, см	МП, г/см^2	площадь, см^2	МП, г/см	МП, г/см^3
	Мужчины						Женщины					
5	0,45	0,85	0,53	0,53	0,38	0,72	0,44	0,75	0,58	0,50	0,40	0,80
6-10	0,65	1,07	0,61	0,73	0,60	0,82	0,59	0,93	0,63	0,60	0,52	0,87
11-15	0,83	1,27	0,65	0,86	0,78	0,91	0,78	1,22	0,64	0,76	0,73	0,91
16-20	1,06	1,42	0,75	0,79	1,01	1,28	0,92	1,35	0,68	0,80	0,87	0,96
21-25	1,10	1,52	0,78	0,89	1,15	1,29	0,99	1,35	0,74	0,84	0,95	1,13
26-30	1,32	1,58	0,84	0,98	1,27	1,30	0,99	1,35	0,74	0,85	0,95	1,12
31-35	1,35	1,60	0,84	0,99	1,30	1,31	1,04	1,37	0,74	0,85	0,96	1,13
36-40	1,33	1,60	0,81	0,97	1,27	1,31	1,02	1,39	0,81	0,85	0,97	1,14
41-45	1,31	1,59	0,82	0,97	1,26	1,30	1,02	1,39	0,73	0,84	0,92	1,10
46-50	1,30	1,60	0,81	0,97	1,25	1,29	1,01	1,38	0,73	0,82	0,90	1,10
51-55	1,25	1,59	0,82	0,95	1,20	1,26	1,00	1,37	0,73	0,81	0,89	1,10
56-60	1,22	1,59	0,81	0,92	1,17	1,26	0,98	1,37	0,72	0,81	0,88	1,09
61-65	1,20	1,61	0,80	0,90	1,20	1,22	0,98	1,38	0,71	0,81	0,85	1,05
66-70	1,16	1,63	0,77	0,91	1,07	1,16	0,98	1,39	0,71	0,83	0,86	1,04
71-75	1,14	1,65	0,75	0,93	1,00	1,08	0,96	1,41	0,68	0,85	0,86	1,01
76-80	1,12	1,68	0,71	0,95	0,96	1,03	0,91	1,40	0,65	0,87	0,80	0,92
81-85	1,10	1,69	0,69	0,95	0,92	0,97	0,86	1,41	0,61	0,87	0,74	0,85

Примечание: здесь, а также в табл.7: МП, г/см, m = ±0,02 - 0,04; ширина, m = ± 0,05 – 0,10 см; МП, г/см^2, m = ± 0,01 - 0,04.

Метафиз дистальный (10% длины) костей предплечья. В связи с тем, что лучевая кость здесь значительно утолщается и имеет меньше зрелых компактных структур, минеральная плотность по сравнению с диафизом снижена на 23-25% (табл. 9-11).

Максимальная плотность наблюдалась также в 31-35 лет, однако снижение ее происходило значительно интенсивнее и в 70 лет она уменьшалась у мужчин на 27% ($p<0,005$), у женщин - на 34%. В возрасте 90 лет эти величины составили соответственно 33 и 46% ($p<0,001$).

Таблица 9.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в локтевой кости (10% длины) у здоровых лиц в возрасте 5-85 лет

Возраст (годы)	Метафиз			Губчатое вещество			Метафиз			Губчатое вещество		
	МП, г/см	ширина, см	МП, г/см^2	площадь, см^2	МП, г/см	МП, г/см^3	МП, г/см	ширина, см	МП, г/см^2	площадь, см^2	МП, г/см	МП, г/см^3
	Мужчины						Женщины					
5	0,38	1,15	0,33	0,59	0,31	0,53	0,39	1,08	0,35	0,57	0,30	0,53
6-10	0,44	1,22	0,36	0,63	0,35	0,56	0,44	1,16	0,38	0,65	0,38	0,58
11-15	0,55	1,35	0,41	0,70	0,48	0,62	0,54	1,40	0,39	0,68	0,44	0,65
16-20	0,83	1,42	0,58	0,74	0,71	0,96	0,63	1,51	0,42	0,73	0,52	0,71
21-25	1,23	1,82	0,68	0,95	1,05	1,10	0,90	1,61	0,56	0,85	0,70	0,82
26-30	1,34	1,91	0,70	1,02	1,14	1,12	0,98	1,83	0,59	0,92	0,83	0,90
31-35	1,41	1,96	0,72	1,07	1,20	1,12	1,18	1,84	0,64	1,04	0,98	0,94
36-40	1,38	1,95	0,71	1,05	1,17	1,11	1,15	1,80	0,64	1,04	0,96	0,92
41-45	1,32	1,94	0,70	1,04	1,12	1,08	1,08	1,74	0,62	1,02	0,92	0,90
46-50	131	1,92	0,68	1,04	1,11	1,06	1,01	1,70	0,53	0,98	0,86	0,88
51-55	1,30	1,91	0,68	1,04	1,11	1,06	0,98	1,66	0,59	0,97	0,83	0,86
56-60	1,27	1,91	0,67	1,04	1,08	1,04	0,90	1,64	0,55	0,94	0,74	0,79
61-65	1,18	1,90	0,62	1,04	1,00	0,96	0,92	1,64	0,52	0,96	0,70	0,73
66-70	1,15	1,92	0,60	1,13	0,98	0,87	0,78	1,73	0,45	1,04	0,62	0,60
71-75	1,13	1,94	0,58	1,19	0,96	0,91	0,74	1,79	0,41	1,10	0,61	0,55
76-80	1,10	1,96	0,56	1,27	0,94	0,74	0,70	1,81	0,38	1,10	0,58	0,53
81-85	1,04	1,97	0,53	1,24	0,88	0,71	0,65	1,86	0,35	1,04	0,51	0,49

Примечание: МП г/см, m = ± 0,01–0,04; ширина, m = ±0,05–0,09; МП г/см^2, m = ± 0,02 – 0,05; площадь, m = ± 0,04 - 0,08; МП г/см^3, m = ± 0,04 – 0,07.

Таблица 10.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в лучевой кости (10% длины) у здоровых лиц в возрасте 5-85 лет

Возраст (годы)	Метафиз			Губчатое вещество			Метафиз			Губчатое вещество		
	МП, г/см	ширина, см	МП, г/см^2	площадь, см^2	МП, г/см	МП, г/см^3	МП, г/см	ширина, см	МП, г/см^2	площадь, см^2	МП, г/см	МП, г/см^3
	мужчины						женщины					
5	0,32	1,20	0,27	0,64	0,25	0,39	0,33	1,16	0,28	0,61	0,24	0,39
6-10	0,41	1,31	0,31	0,68	0,32	0,47	0,41	1,29	0,32	0,67	0,37	0,55
11-15	0,72	1,70	0,42	0,84	0,60	0,71	0,60	1,57	0,38	0,85	0,50	0,59
16-20	0,92	1,88	0,49	0,97	0,80	0,82	0,79	1,72	0,45	1,01	0,64	0,63
21-25	1,07	1,92	0,56	1,03	0,93	0,90	0,86	1,75	0,49	1,04	0,68	0,65
26-30	1,13	1,96	0,58	1,06	0,98	0,92	0,93	1,76	0,53	1,07	0,72	0,67
31-35	1,22	2,00	0,61	1,09	1,06	0,97	0,97	1,78	0,54	1,09	0,75	0,69
36-40	1,21	2,00	0,61	1,09	1,04	0,95	0,93	1,77	0,53	1,09	0,73	0,67
41-45	1,21	2,00	0,61	1,09	1,03	0,94	0,89	1,75	0,51	1,07	0,72	0,67
46-50	1,21	2,00	0,61	1,09	1,02	0,94	0,88	1,75	0,50	1,07	0,70	0,65
51-55	1,18	2,03	0,58	1,10	1,01	0,92	0,86	1,75	0,49	1,07	0,69	0,64
56-60	1,09	2,04	0,53	1,12	0,93	0,83	0,85	1,77	0,48	1,07	0,68	0,64
61-65	1,04	2,04	0,51	1,12	0,89	0,80	0,78	1,79	0,44	1,07	0,65	0,61
66-70	0,98	2,04	0,48	1,14	0,86	0,75	0,70	1,80	0,44	1,08	0,58	0,54
71-75	0,95	2,04	0,47	1,14	0,83	0,73	0,64	0,80	0,36	1,08	0,50	0,46
76-80	0,93	2,04	0,46	1,14	0,82	0,72	0,58	1,81	0,32	1,09	0,44	0,40
81-85	0,88	2,04	0,43	1,14	0,78	0,68	0,54	1,82	0,30	1,10	0,40	0,36

Примечание: МП г/см, m = ± 0,02–0,04; ширина, m = ±0,04–0,08; МП г/см^2, m = ± 0,03 – 0,06; площадь, m = ± 0,03 - 0,07; МП г/см^3, m = ± 0,03 – 0,06.

Таблица 11.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в лучевой кости и ширина ее на расстоянии 5 мм от лучезапястного сустава (2% длины)

Возраст (годы)	МП (г/см)	Ширина (см)	МП (г/см^2)	МП (г/см)	Ширина (см)	МП (г/см^2)
	мужчины			женщины		
5	0,445±0,028	1,861±0,041	0,239±0,026	0,412±0,035	1,618±0,019	0,255±0,027
6-10	0,592±0,039	2,010±0,035	0,295±0,032	0,533±0,030	1,768±0,022	0,305±0,031
11-15	0,756±0,025	2,263±0,044	0,431±0,029	0,690±0,022	1,918±0,032	0,360±0,022
16-20	1,025±0,062	2,460±0,051	0,417±0,039	0,827±0,018	2,068±0,040	0,400±0,018
21-25	1,103±0,079	2,522±0,036	0,437±0,032	0,862±0,027	2,102±0,058	0,410±0,022
26-30	1,113±0,080	2,533±0,028	0,446±0,041	0,878±0,032	2,111±0,042	0,415±0,015
31-35	1,108±0,056	2,560±0,047	0,433±0,052	0,866±0,024	2,098±0,035	0,413±0,015
36-40	1,096±0,042	2,552±0,039	0,428±0,041	0,855±0,039	2,100±0,027	0,407±0,012
41-45	1,112±0,036	2,559±0,026	0,435±0,039	0,832±0,027	2,090±0,032	0,398±0,024
46-50	1,115±0,064	2,563±0,034	0,435±0,027	0,804±0,036	2,105±0,027	0,382±0,015
51-55	1,081±0,072	2,560±0,039	0,422±0,046	0,790±0,032	2,114±0,030	0,374±0,018
56-60	1,026±0,055	2,568±0,027	0,400±0,051	0,761±0,026	2,109±0,027	0,361±0,016
61-65	0,985±0,064	2,576±0,039	0,382±0,047	0,691±0,021	2,114±0,022	0,327±0,021
66-70	0,937±0,049	2,585±0,049	0,362±0,039	0,676±0,017	2,119±0,018	0,319±0,014
71-75	0,890±0,056	2,602±0,053	0,342±0,025	0,636±0,020	2,128±0,030	0,299±0,028
76-80	0,845±0,065	2,612±0,035	0,324±0,027	0,529±0,028	2,134±0,024	0,248±0,030
81-85	0,811±0,072	2,628±0,041	0,309±0,045	0,458±0,025	2,141±0,027	0,232±0,022

Проксимальные фаланги пальцев. Минеральная плотность в основных фалангах II, III и IV-го пальцев практически одинакова, несколько шире фаланга 3-го пальца (табл. 12). В 70 лет величина снижения минеральной плотности у мужчин составляет 17%, у женщин 38 ($p<0,001$). В 90 лет эти величины равны соответственно 38 и 62% ($p<0,001$).

Переломы у мужчин впервые возникали при величине МП 0,50 г/см^2, у женщин - 0,45 г/см^2 (снижение по сравнению с возрастом 35 лет составило 21±1,2%). Значительное число переломов происходило у больных остеопорозом, когда МП снижена на 36-50% (табл. 13). Средняя величина убыли минеральной плотности в диафизе лучевой кости равна 0,53% за год, в локтевой - 0,59%.

Таблица 12.

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в середине проксимальной фаланги пальцев (II, III, IV) левой руки у здоровых людей в возрасте 5 – 85 лет (M±m)

Возраст, лет	МП, г/см			МП, г/см^2			МП, г/см			МП, г/см^2		
	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV
	мужчины						женщины					
5	0,15	0,17	0,13	0,22	0,20	0,24	0,12	0,13	0,11	0,20	0,21	0,19
6-10	0,20	0,24	0,19	0,25	0,28	0,24	0,17	0,20	0,17	0,24	0,25	0,24
11-15	0,27	0,31	0,27	0,32	0,33	0,31	0,22	0,26	0,23	0,28	0,30	0,29
16-20	0,36	0,41	0,34	0,36	0,39	0,35	0,30	0,33	0,27	0,34	0,35	0,32
21-25	0,46	0,48	0,42	0,45	0,45	0,42	0,33	0,38	0,32	0,36	0,40	0,35
26-30	0,49	0,52	0,44	0,48	0,46	0,44	0,37	0,43	0,35	0,40	0,44	0,38
31-35	0,51	0,56	0,51	0,49	0,51	0,50	0,39	0,43	0,39	0,41	0,43	0,42
36-40	0,49	0,55	0,49	0,48	0,51	0,48	0,37	0,42	0,35	0,39	0,42	0,39
41-45	0,49	0,54	0,47	0,47	0,50	0,46	0,36	0,40	0,35	0,38	0,41	0,38
46-50	0,49	0,54	0,46	0,49	0,50	0,46	0,33	0,38	0,33	0,36	0,40	0,37
51-55	0,48	0,51	0,44	0,47	0,48	0,44	0,31	0,36	0,32	0,34	0,38	0,36
56-60	0,47	0,50	0,42	0,46	0,47	0,43	0,29	0,34	0,30	0,32	0,36	0,34
61-65	0,45	0,48	0,42	0,45	0,46	0,53	0,26	0,31	0,25	0,29	0,33	0,29
66-70	0,44	0,48	0,40	0,44	0,46	0,42	0,23	0,28	0,23	0,25	0,30	0,27
71-75	0,41	0,46	0,39	0,42	0,44	0,41	0,20	0,26	0,22	0,23	0,29	0,25
76-80	0,38	0,45	0,37	0,40	0,42	0,39	0,18	0,23	0,20	0,21	0,26	0,24
81-85	0,36	0,41	0,34	0,38	0,40	0,37	0,17	0,21	0,17	0,20	0,24	0,20

Примечание: здесь, а также в табл. 12: МП г/см, m = ± 0,01–0,05; МП г/см^2, m = ±0,02 – 0,05.

Таблица 13.

Пороговые значения минеральной плотности (МП) в дистальном метафизе лучевой кости и частота переломов (M±m)

Возраст	МП		Порог, г/см^2	Переломы на 1000
	г/см	г/см^2		
мужчины				
31 - 35	2,11 ± 0,04	0,67 ± 0,05		
51 - 60	1,94 ± 0,12	0,61 ± 0,07		
61 - 70	1,66 ± 0,11	0,52 ± 0,05	0,50 ± 0,0б	5
71 - 80	1,44 ± 0,14	0,45 ± 0,06		21
81 - 90	1,29 ± 0,17	0,40 ± 0,04		27
женщины				
31 - 55	1,20 ± 0,15	0,48 ± 0,06		
50 - 55	1,12 ± 0,10	0,45 ± 0,05	0,45 ± 0,04	5
56 - 60	0,99 ± 0,12	0,40 ± 0,05		12
61 - 70	0,87 ± 0,18	0,35 ± 0,02		20
71 - 80	0,75 ± 0,15	0,30 ± 0,05		28
81 - 90	0,50 ± 0,09	0,28 ± 0,02		40

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Аналогичные с нашими данные об относительной плотности костного минерала в диафизе лучевой кости получены в Швейцарии [9], ГДР [10], ФРГ [11], Бельгии [12]. Лишь в США выявлена более высокая минеральная плотность, что, возможно, зависит от климатических условий, национальных особенностей питания, добавления витамина D к молоку, фтора - к воде. О влиянии этих факторов свидетельствуют данные о том, что у вегетарианцев по сравнению со всеядными эти показатели выше в пожилом и старческом возрасте [13].

Особый интерес к минеральной плотности в диафизе лучевой кости обусловлен тем, что здесь сосредоточена в основном кортикальная кость, и аналогичные изменения происходят в таких же костях однонаправленно. Однотипные сдвиги отмечаются во всех костях с преимущественно трабекулярной костью. Предложены даже формулы [14], по которым на основе полученных данных можно рассчитать величину содержания кальция в организме.

Ряд исследователей [15, 16] выявил близкие к нашим результаты и в локтевой кости. Нам удалось впервые получить также всестороннюю информацию о МП в плечевой кости.

Достаточно давно доказано, что очень чувствительным показателем изменения МП является трабекулярная кость метафизов. Если рентгенологическим методом остеопороз улавливается лишь тогда, когда могут возникнуть непоправимые повреждения, то костная денситометрия позволяет уловить очень ранние сдвиги [17].

Полученные результаты значительно расширяют представление о возрастных изменениях минеральной плотности кости, так как получены на очень большом числе людей. Представляют интерес и результаты измерения МП в фалангах кисти. Благодаря этому впервые удалось охарактеризовать возрастные сдвиги минеральной плотности в верхней конечности в целом. Эти данные могут иметь важное значение при организации профилактики переломов среди населения.

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

ВЫВОДЫ

1. Максимальные значения минеральной плотности в костях верхней конечности наблюдаются в возрасте 31-35 лет.

2. Наиболее высокая минеральная плотность в 31-35 лет отмечена в диафизе плечевой кости мужчин - 1,34 г/см^2, у женщин - 1,21. Меньше она в лучевой (мужчины - 0,79 г/см^2, женщины - 0,72) и локтевой (мужчины - 0,74 г/см^2, женщины - 0,70) костях и фалангах пальцев (мужчины - 0,46-0,50 г/см^2, женщины - 0,41-0,43).

3. В диафизах костей верхней конечности в возрасте 50 лет относительная минеральная плотность уменьшается на 2-7%, в метафизе - на 7-14%. В 70 лет эти величины составили соответственно 10,5-18% и 27-34%.

4. В возрасте 90 лет минеральная плотность у мужчин в диафизах длинных трубчатых костей снижена на 16-19%, в фалангах пальцев - на 38%. У женщин эти величины составили соответственно 18-35% и 63%.

5. В дистальном метафизе лучевой и локтевой костей относительная минеральная плотность в 90 лет уменьшена у мужчин на 33%, у женщин - на 46%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cameron J.R., Sorenson J. Measurement of bone mineral in vivo: impruved method // Science. – 1963. – Vol. 142, № 3. – P. 230-234.
2. Relationship between bone mineral content and frequency of postmenopausal fractures / G.F.Jensen, C.Christiansen, J. Boesen et. al. // Acta Med. Scand. – 1983. – Vol. 213, - № 1. – P. 61-66.
3. Christiansen C. Bone mineral measurement with special reference precision, accurecy, normal values, clinical values and clinical relevance // Non-invasive bone measurement: methodological problems: Oxford-Washington, IRL Press, 1982. – P. 94-92.
4. Bone mineral in the radius and vertebral osteoporosis in an insured population. A correlative study using ^{125}I-photonabsorption miniature roentgenography / N.F.Goldsmith, J.O.Johnston, G.Picetti, C.Garcia // J. Bone Jt. Surg. – 1973. – Vol. 55-A, № 6. – P. 1276-1293.
5. Measurement of bone mineral content in vivo using photon absorptiometry / R.M. Boyd, E.C.Cameron, H.W. McIntosh, V.R. Walker // Can Med Assoc J. – 1974. – Vol. 111, № 11. - P. 1201–1205.
6. Wahner H.W., Dunn W.L., Riggs B.L. Assessment of bone mineral. Part 1 // J. Nucl. Med. – 1984. – Vol. 25, № 10. – P. 1134-1141.
7. Mazess R.B., Cameron J.R. Growth of bone school children: comparison of radiographic morphometry and photon absorptiometry // Growth. – 1972. – Vol. 36, № 1. – P. 77-92.
8. Bone mineral measurements among middle-aged and elderly Japanese residents in Hawaii / K. Yano, R.D. Wasnich, J.M. Vogel, L.K. Heilbrun // Am. J. Epidemiol. – 1984. – Vol. 119, № 5. – P. 751-764.
9. Donath A., Indermuhle P., Baud R. Mineralometric osseuse mesure par IE absorption des photons d' une source d' ^{125}I // Radiol. Clin. Biol. – 1974. – Vol. 43, № 4. – P. 393-400.
10. DDR- Normwerte für den absorbtiometrish ermittelten Knochenmineralgehalt in Radius / I. Grossmann, H. Runge, F.Fengler et al. // Radiol. diagn. - 1982. – Bd. 23, H. 2. – S. 111-120.
11. Bestimmung des Knochenmineralgehaltes / A.V. Roth, J.D. Ringe, H.P. Kruse, F.Kuhlencordt // Fortschr. Geb. Rontgenstr. Nuklearmed. – 1974. – Bd. 121, H. 5. – S. 597-603.
12. Dequecker J., Wielandts L., Nijs J. Evaluation of bone mineral content data using isowidth and percentile curvers // Proc. IV Internat. Conf. of bone measurement. – Wash. National Inst. of Health, 1980. – P. 69-78.
13. Mazess R.B. On aging bone loss // Clin. Orthop. – 1982. – N 165. – P. 239-252.
14. Ellis K.J., Cohn S.H., Goldsmith N.F. Proceedings: Validity of the absorptiometric measurement of bone mineral content of the radius // Am. J. Roentgenol. – 1976. – Vol. 126, N 6. – P. 1286-1287.
15. Bone mineral determination of radius, ulna and fingerbones by ^{125}I photon absorptiometry on healthy persons / F.M. Kuhlencordt, J.D. Ringe, H.P. Kruse, A.V. Roth // Internat. Conf. on Bone mineral measurement: Wash. NIH pub., 1975. – P. 272-279.
16. Kuhlencordt F.M., Runge J.D. Physiologischer Anstieg des Mineralgehaltes von Radius und Ulna im Wachtumsalter // ROFO Fortschr. Geb. Rontgenstr. Nuklearmed. - 1978. – Bd. 129, H. 6. – S. 766-770.
17. Pullan B.R., Roberts T.E. Bone mineral measurement using an EMI scanner and standart methods: a comparative study // Br. J. Radiol. – 1978. – Vol. 51, N 601. – P. 24-28.

Рукопись поступила 21.04.01.

Предлагаем вашему вниманию

С.И. Швед, В.И. Шевцов, Ю.М. Сысенко

Лечение больных с переломами костей предплечья методом чрескостного остеосинтеза

Курган, 1997. - 294 с., ил. 190, библиогр. назв. 200.
ISBN 5-86-047-095-9. Тв. пер-т. Ф. 21х15 см.

В монографии определены показания и противопоказания к чрескостному остеосинтезу, подробно описана предоперационная подготовка, приведены методики чрескостного остеосинтеза при различных переломах костей предплечья, описано ведение больных в послеоперационном периоде. Дан анализ ошибок и осложнений, показаны пути их предупреждения и устранения, изучены отдаленные анатомо-функциональные результаты и проведен их анализ.