

Возрастные изменения минеральной плотности костей скелета мужчин

А.А. Свешников, А.И. Капишева, Е.Н. Овчинников

Age-related changes in mineral density of men skeletal bones

A.A. Sveshnikov, A.I. Kapischeva, E.N. Ovchinnikov

Федеральное государственное учреждение

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

Наблюдения проведены на 1212 практически здоровых мужчинах в возрасте 18-85 лет (группы с интервалом в 5 лет). На костном денситометре фирмы «General Electric Medical Systems/Lunar», серия DPX, модель NT с программой enCore™2002 (США) определяли минеральную плотность, массу минералов скелета. Результаты измерений позволили выявить минимальные изменения МП в таких сегментах, как поясничный отдел позвоночника, ребра, проксимальная треть бедренной кости, кости таза. Установлено, что снижение минеральных веществ у мужчин начинается в 66-70 лет, в 70-80 лет происходят изменения, соответствующие остеопении. Составлены справочные таблицы о возрастной норме минералов, массе мышц, соединительной и жировой тканей.
Ключевые слова: минералы кости, возрастные изменения скелета, остеопороз, профилактика переломов.

The observations were made on 1212 practically healthy men at the age of 18-85 years (groups with 5-year intervals). Mineral density (MD), skeletal mineral mass was determined with a bone densitometer of «General Electric Medical Systems/Lunar» firm, DPX series, NT model with enCore™2002 program (USA). The results of measurements have allowed to reveal minimal changes in минимальные изменения in MD for such segments as the lumbar spine, ribs, the proximal third of femur, pelvic bones. It has been established that the decrease of minerals in men begins at the age of 66-70 years, and at the age of 70-80 years the changes occur, which conform to osteopenia. The reference tables have been drawn up, which include the information of the age-related normal minerals, muscle mass, connective and fat tissues.
Keywords: bone minerals, age-related skeletal changes, osteoporosis, fracture prevention.

Измерения минеральной плотности (МП) костей скелета позволяют косвенно судить о прочности кости *in vivo*, хотя существуют и другие факторы, влияющие на этот показатель. Благодаря измерению МП можно прогнозировать появление переломов.

В настоящее время для диагностики остеопороза начал применяться высокоэффективный метод – рентгеновская двухэнергетическая абсорбциометрия, названный Международной ассоциацией по костной денситометрии «золотым стандартом». Использование рентгеновских лучей дало возможность во много раз увеличить поток фотонов и разрешающую способность для

отдельных частей тела. На результаты обследования не влияет толщина тканей, содержание в ней жировой ткани (при колебании от 0 до 40 %) и расстояние от поверхности стола до трубки. Получается большая четкость при обследовании поясничной области, до минимума сведено число артефактов в этой области.

Целью данного исследования является изучение возрастной динамики минеральной плотности костей скелета мужчин для оценки степени выраженности остеопороза и эффективности лечения, восстановления работоспособности после травм и удлинения конечности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Наблюдения проведены на 1212 практически здоровых мужчинах в возрасте 18-85 лет. Они были разбиты на группы с интервалом в 5 лет. Количество людей в группах определяли в соответствии с «Протоколом установления соотношения клинического материала при определении плотности минеральных веществ в кости» фирмы «Lunar» (США). Для получения статистически достоверных данных из исследования исключались те, кто имел тяжелые хронические заболевания, а также пациенты, применяющие препараты, ведущие к деминерализации скеле-

та: глюкокортикоиды, заместительную гормональную терапию (ЗГТ), антиконвульсивные препараты, фториды натрия, гепарин, тироксин, метаболиты витамина D.

Проведению комплексного обследования у практически здоровых людей активно содействовали средства массовой информации: оповещал людей областной Пенсионный фонд, организации ветеранов войны и труда. Все включенные в исследование мужчины проживали на территории Уральского региона.

Измерения выполнены на рентгеновском ко-

стом денситометре фирмы «General Electric Medical Systems/Lunar» серии DPX, модель NT с программой enCore™2002.

Измерения на костном денситометре выполняли в стандартных точках: поясничном отделе позвоночника, шейках бедренных костей и всем теле. В позвоночнике наряду с МП (г/см²) определяли суммарное содержание минералов в граммах в отдельных позвонках, а также массу минералов в их сочетаниях.

Для суждения о наличии или отсутствии остеопении и остеопороза в зависимости от возраста мужчины рассчитывали общепринятые показатели (методические рекомендации Международной ассоциации по костной денситометрии): до 20 лет Z-критерий – сравнение данных с соответствующей возрастной группой и T-критерий у мужчин старше 20 лет – сравнение

с возрастной группой 21-25 лет.

Костный денситометр одновременно с определением количества минералов производит автоматически расчет массы мышечной, соединительной и жировой тканей.

Наряду с денситометрией, у 25 мужчин в возрасте 40-72 лет определяли уровень тестостерона и эстрадиола в сыворотке крови с помощью набора «Ria estradiol» фирмы «Immuno-tech» (Франция) и «Testok-125» фирмы «Sea Sorin» (Франция). Подсчет активности и определение концентрации тестостерона и эстрадиола производили на гамма-счетчике фирмы «Tracor Eugora» (Голландия).

В качестве инструмента вычислений использован пакет статистического анализа и встроенные формулы расчетов данных компьютерной программы Microsoft® Excel (2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В таблице 1 приведены средние значения показателей роста, массы тела и общей площади тела у обследованных мужчин. Обследованное количество мужчин соответствовало требованиям методических рекомендаций Международной ассоциации по костной денситометрии.

Таблица 1
Возрастные изменения роста, массы и площади тела мужчин 18-80 лет (M±SD)

| Возраст (годы) | Кол-во людей в группах | Рост (см) | Масса тела (кг) | Площадь всего тела (м ²) |
|----------------|------------------------|-----------|-----------------|--------------------------------------|
| 18 | 120 | 174,3±5,7 | 65,84±3,17 | 2,50±0,11 |
| 21-25 | 107 | 176±6,4 | 71,48±4,06 | 2,58±0,13 |
| 26-30 | 116 | 176±5,5 | 73,16±4,09 | 2,56±0,19 |
| 31-35 | 105 | 176,1±5,6 | 77,61±4,51 | 2,58±0,19 |
| 36-40 | 103 | 176,4±4,8 | 77,73±4,28 | 2,61±0,19 |
| 41-45 | 105 | 175,7±5,5 | 78,52±5,13 | 2,61±0,19 |
| 46-50 | 119 | 173,5±5,1 | 78,75±5,19 | 2,53±0,19 |
| 51-55 | 123 | 173,6±5,4 | 78,92±5,75 | 2,52±0,76 |
| 56-60 | 111 | 171,6±4,9 | 78,05±5,32 | 2,46±0,15 |
| 61-65 | 106 | 171,4±4,5 | 76,90±5,34 | 2,45±0,17 |
| 66-70 | 98 | 171,2±6,5 | 76,45±6,61 | 2,44±0,20 |
| 71-75 | 99 | 167,8±5,4 | 74,65±5,40 | 2,36±0,19 |
| 76-80 | 103 | 167,2±6,3 | 73,37±5,66 | 2,35±0,16 |

1. *Возрастные изменения МП проксимальной трети бедренной кости.*

Проксимальная треть бедренной кости привлекает особое внимание как травматологов, так

и специалистов по остеопорозу. Именно здесь происходят самые тяжелые переломы и требуются серьезные усилия при проведении профилактики. Показатели смертности, инвалидности и стоимости лечения при переломе проксимальной трети бедра выше, чем при всех других переломах на почве остеопороза вместе взятых.

Шейка бедренной кости. МП в шейках бедренных костей (табл. 2) у мужчин в возрасте 21-25 лет колебалась в пределах – 1,153±0,072 – 1,157±0,058 г/см² и оказалась наибольшей. В 51-55 лет МП составила 0,993±0,086 – 0,991±0,063 г/см², T-критерий был равен –0,8 SD. Это указывало на то, что эти показатели находились в пределах значений пиковой костной массы. В возрастной период 21-55 лет у мужчин наблюдается наибольшая физическая активность, поэтому количество минералов было изменено незначительно. В этом возрасте была достаточной концентрация тестостерона и эстрадиола для нормального ремоделирования кости. В 56-60 лет уменьшение МП составило слева 0,981±0,072 г/см², справа – 0,982±0,075 г/см², T-критерий –1,1SD – первый признак остеопении. До 65 лет дальнейшего снижения МП не происходило. В 71-75 лет T-критерий –1,4SD, а в 76-80 лет –1,8SD (МП – 0,887±0,102 г/см²). В данном случае речь идет уже о существенно выраженной остеопении (МП снижена на 15-18 % (p<0,05)) (рис. 1). В этом возрасте значительно снижалась физическая активность. В старом возрасте риск возникновения перелома шейки бедренной кости повышается в связи с деминерализацией компактной ее части (рис. 1).

Таблица 2

Возрастные изменения минеральной плотности (МП) в шейках бедренных костей мужчин в возрасте 18-80 лет (M±SD)

| Возраст (годы) | n | МП шейки левой бедренной кости (г/см ²) | T-критерий (SD) | МП шейки правой бедренной кости (г/см ²) | T-критерий (SD) |
|----------------|-----|---|-----------------|--|-----------------|
| 18 | 120 | 1,111±0,053 | - | 1,129±0,049 | - |
| 21-25 | 107 | 1,153±0,072 | - | 1,157±0,058 | - |
| 26-30 | 116 | 1,169±0,065 | 0 | 1,163±0,039 | 0 |
| 31-35 | 105 | 1,176±0,083 | -0,1 | 1,165±0,079 | -0,1 |
| 36-40 | 103 | 1,175±0,084 | -0,2 | 1,166±0,083 | -0,2 |
| 41-45 | 105 | 0,997±0,066 | -0,2 | 0,995±0,064 | -0,2 |
| 46-50 | 119 | 0,995±0,057 | -0,3 | 0,998±0,064 | -0,3 |
| 51-55 | 123 | 0,993*±0,086 | -0,7 | 0,991*±0,063 | -0,8 |
| 56-60 | 111 | 0,991*±0,072 | -1,0 | 0,992*±0,075 | -1,1 |
| 61-65 | 106 | 0,974*±0,063 | -1,0 | 0,973*±0,079 | -1,1 |
| 66-70 | 98 | 0,973*±0,056 | -1,2 | 0,957*±0,086 | -1,3 |
| 71-75 | 99 | 0,930*±0,052 | -1,3 | 0,926*±0,048 | -1,4 |
| 76-80 | 103 | 0,896*±0,046 | -1,5 | 0,887*±0,057 | -1,8 |

Примечание: здесь, а также в таблицах 3, результаты достоверно отличны (* - p<0,05) относительно возрастной группы 21-25 лет.

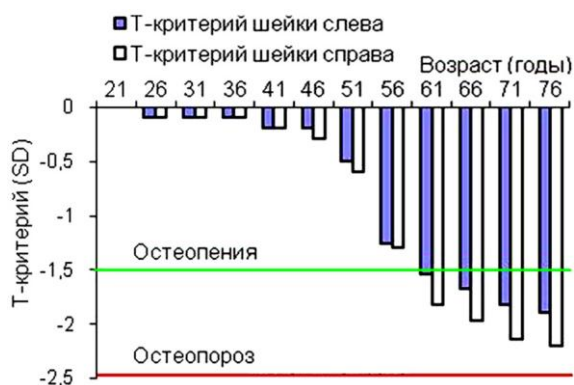


Рис. 1. Изменения T-критерия (SD) шейки бедренной кости в возрастном аспекте

Самой чувствительной точкой в основании шейки является пространство Варда. Оно является местом наиболее ранней возрастной потери минералов в проксимальной трети бедра, так как лежит между силовыми линиями и нагрузке не подвергается. Изменения здесь выявляются за год-два до появления их в шейке. Отсюда уменьшение МП начинает распространяться по всему проксимальному отделу бедренной кости (рис. 2). Результаты наших исследований показали – в 56-60 лет суммарная величина минералов здесь снижена на 24 %, (p<0,05), в 70 – на 28 %, в 80 – на 35 %, (p<0,05), что соответствует остеопорозу. Убыль минералов происходит однонаправленно справа и слева.

Показатели массы минералов, а также площади и МП в большом вертеле справа имели большие значения, чем слева. Очевидно, нагрузка на правую конечность была интенсивней (рис. 3).

По сравнению с большим вертелом в области диафиза не происходило возрастного увеличения массы минералов, поскольку данная область характеризуется преобладанием

кортикальной кости. К 56-60 годам потеря минералов в правом диафизе стала интенсивней, и к 75-80 годам составила слева 14,426±1,271 г, справа – 14,431±1,132 г, что соответствовало остеопении. Снижение количества минералов в области диафиза может свидетельствовать о наступлении системных изменений при старении.

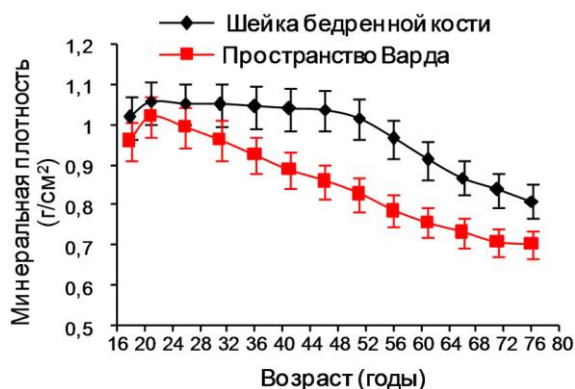


Рис. 2. Возрастные изменения минеральной плотности (г/см²) шейки бедренной кости и пространства Варда

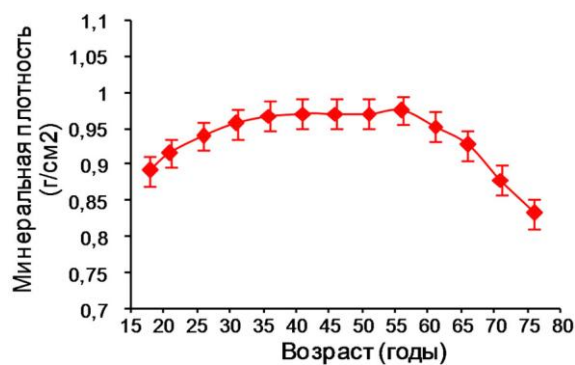


Рис. 3. Возрастные изменения минеральной плотности костной ткани в большом вертеле справа

2. Возрастные изменения минеральной плотности в поясничном отделе позвоночника.

Изучение возрастных изменений МП позвоночника – предмет особого внимания физиологов и клиницистов. Есть указания на то, что каждый четвертый перелом обусловлен низкой плотностью в нем минералов и зачастую значительная часть переломов протекает бессимптомно.

В процессе исследования нами получены результаты возрастных изменений МП, количества минералов как отдельных позвонков поясничного отдела позвоночника, так и их сочетаний, оценка высоты и ширины. Наиболее часто оценивают состояние костной ткани в первых трех или четырех поясничных позвонках, по результатам исследования данных областей определяли выраженность остеопении и остеопороза. Анализ сочетаний позвонков, позволяет выявить характер изменения в наиболее нагружаемом сегменте позвоночника L_{II}-L_{IV}. В подобном сочетании позвоночник исследуется чаще всего. Наибольшее количество минералов соответствовало возрасту 21-25 лет (табл. 3). У мужчин количество минеральных веществ в позвоночнике не изменялось до 55 лет. В 56-60 лет уменьшалось до 56,300±5,382 г (пиковая масса в возрасте 21-25 лет – 61,868±5,538 г). Т-критерий -0,7SD, то есть количество минералов в позвонках снижено на 7 %. В 66-70 лет Т-критерий был равен -1,3, в 71-75 – -1,6 и в 76-80 лет – 2,0 SD, что соответствует остеопении.

Полученные нами данные по морфометрии позвонков поясничного отдела указывают на возрастное снижение высоты позвонков при одновременном увеличении ширины. По результатам исследования отчетливой, по сравнению с отдельными позвонками, прослеживается динамика уменьшения высоты в сегментах

позвоночника. В L_I-L_{II} первоначальное изменение отмечено в 70 лет, а к 80 годам высота снижена на 5 % (p<0,05). Подобная динамика отмечена и в остальных сочетаниях позвонков (табл. 3). Анализ результатов обследования позволил выявить возрастные изменения МП, массы минералов в отдельных позвонках поясничного отдела позвоночника.

Ширина первого поясничного позвонка достоверно увеличивалась (на 7 %) в возрасте 46-50 лет. Постепенное увеличение ширины продолжалось и в дальнейшем: в возрасте 66-70 лет позвонок шире на 10,5 %, в возрасте 76-80 лет – на 15 %. Первые признаки снижения высоты (на 4 %) отмечены в возрасте 61-65 лет. В 76-80 лет величина снижения составляла 8 %. Площадь максимально увеличена в возрасте 51-55 лет на 8 %, а затем уменьшалась на 9 % в 76-80 лет. Снижение массы минералов (на 2 %) выявлено впервые в возрасте 61-65 лет и в дальнейшем медленно снижалось. МП в целом по позвонку в возрасте 80 лет снижена на 15 %. Аналогичная динамика наблюдалась и во втором поясничном позвонке. Достоверное увеличение ширины третьего поясничного позвонка на 5 % обнаружено в возрасте 56-60 лет. В возрасте 76-80 лет позвонок шире на 9 % (за счет разрастания надкостницы). Высота позвонка в возрасте 71-75 лет была меньше на 6 % в сравнении с возрастной группой 21-25 лет. Затем продолжала снижаться и в возрасте 76-80 лет уменьшилась на 8 %. Площадь позвонка в возрасте 66-70 лет увеличена на 1 %, в 71-75 лет – на 2 %, в 76-80 лет – на 5 %. Масса минералов начинала снижаться в 60 лет. В 61-65 лет была меньше на 10 % в сравнении с возрастной группой 21-25 лет. В 71-75 лет процент снижения составлял 14 %, в 76-80 лет – 19 %.

Таблица 3

Возрастные изменения ширины, высоты, площади второго, третьего и четвертого поясничных позвонков, их минеральной плотности (МП), суммарного количества минералов и Т-критерия мужчин в возрасте 18-80 лет (M±SD)

| Возраст (годы) | n | L _{II} -L _{IV} | | | | | |
|----------------|-----|----------------------------------|-------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|
| | | Ширина (см) | Высота (см) | Площадь (см ²) | Сумма минералов (г) | МП (г/см ²) | Т-критерий (SD) |
| 18 | 120 | 4,19±0,34 | 10,84±0,34 | 45,40±2,38 | 55,312±2,623 | 1,218±0,041 | - |
| 21-25 | 107 | 4,40±0,20 | 10,98±0,34 | 48,35±2,12 | 61,868±2,538 | 1,276±0,031 | - |
| 26-30 | 116 | 4,40±0,23 | 10,95±0,32 | 48,48±2,06 | 61,844±2,842 | 1,273±0,027 | 0 |
| 31-35 | 105 | 4,41±0,24 | 10,95±0,42 | 49,07±1,98 | 61,812±3,064 | 1,277±0,031 | 0 |
| 36-40 | 103 | 4,41±0,22 | 10,93±0,34 | 48,64±2,34 | 61,805±2,760 | 1,273±0,031 | 0 |
| 41-45 | 105 | 4,42±0,27 | 10,90±0,42 | 49,42±2,05 | 61,802±3,351 | 1,272±0,036 | 0 |
| 46-50 | 119 | 4,47±0,21 | 10,86±0,33 | 49,32±2,14 | 61,793±3,396 | 1,274±0,023 | 0 |
| 51-55 | 123 | 4,44±0,19 | 10,83±0,35 | 49,01±2,03 | 59,130±2,821 | 1,256±0,038 | -0,4 |
| 56-60 | 111 | 4,48±0,17 | 10,72±0,34 | 48,13±2,21 | 56,361*±3,382 | 1,187±0,032 | -0,7 |
| 61-65 | 106 | 4,54±0,19 | 10,60±0,37 | 48,37±2,23 | 55,865*±2,892 | 1,155±0,036 | -1,1 |
| 66-70 | 98 | 4,61±0,20 | 10,43±0,32 | 47,98±2,27 | 54,413*±3,162 | 1,134±0,037 | -1,3 |
| 71-75 | 99 | 4,65±0,24 | 10,12±0,36 | 47,03±2,31 | 53,097*±3,194 | 1,129±0,041 | -1,6 |
| 76-80 | 103 | 4,65±0,22 | 10,01±0,39 | 45,79±2,18 | 50,873*±2,345 | 1,111±0,032 | -2,0 |

Ширина четвертого поясничного позвонка в возрасте 61-65 лет была больше на 2 % в сравнении с возрастом 21-25 лет, а в возрасте 66-70 лет на 5 %. Высота позвонка в 61-65 лет уменьшена на 3 %, в 76-80 лет – на 7 %. Площадь позвонка увеличилась после 66 лет на 1-2 %. Масса минералов в 56-60 лет снижена на 10 % ($p < 0,05$), в 66-70 лет на 13 % ($p < 0,05$), в 76-80 лет – на 21 % ($p < 0,05$), в сравнении с возрастной группой 21-25 лет. Проведенные исследования позволили выявить характер изменений МП в поясничном отделе позвоночника. Обнаружено также, что при возрастной потере минералов увеличивается ширина позвонка. Предположительно, это рассматривается как компенсация механической прочности, снижающейся в связи с убылью минералов. Нами показано, что увеличение ширины позвонков происходило у мужчин до 70 лет. Установлено, что снижение минеральных веществ начиналось в 56-60 лет, в 70-80 лет происходили изменения, соответствующие остеопении.

3. Возрастные изменения массы мышечной, соединительной и жировой тканей.

Механическая нагрузка влияет на прочность и массу кости. Она вызывает напряжение или изменение размера кости, и именно эта деформация вызывала адаптацию кости. Физическая нагрузка способствует не только образованию новой кости, но и поддержанию пика костной массы, причем это влияние более выражено в молодом возрасте. По данным нашего исследования, масса правой и левой половины тела увеличивалась с 31 до 55 лет. К 56-60 годам прирост мышечной и соединительной тканей составлял 6 % ($p < 0,05$), жировой – 37 % ($p < 0,05$). После 60 лет масса мышечной и соединительной тканей постепенно уменьшалась и в 76-80 лет становилась меньше исходной (возраст 21-25 лет) на 11 % ($p < 0,05$). Увеличенное количество жировой ткани компенсировало убыль мышечной ткани (рис.4).

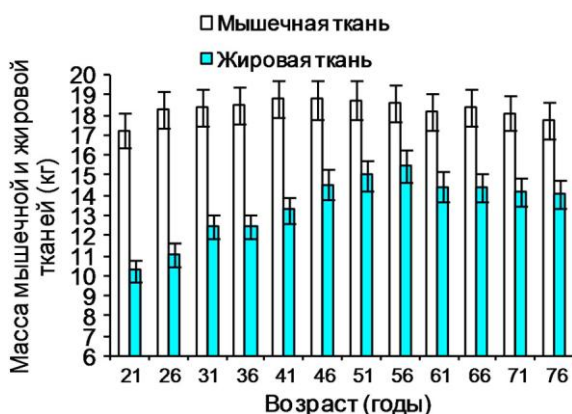


Рис. 4. Возрастные изменения массы мышечной, соединительной и жировой тканей

В возрасте 21-25 лет масса рук неодинаковая – правой больше на 12,5 % ($p < 0,05$, $n=97$). В последующие годы трудоспособного возраста

масса обеих рук увеличивалась: в правой руке прирост массы мышечной ткани и соединительной ткани составляло 6,7 % ($p < 0,05$), в левой – 15,8 % ($p < 0,05$). Такое различие обусловлено тем, что масса правой руки в исходном состоянии была больше.

С 61-65 лет масса рук начинала уменьшаться и в 76-80 лет меньше исходных значений на правой руке на 18 %, а на левой – на 9 % ($p < 0,05$). В правой руке масса мышечной ткани уменьшалась на 22 % ($p < 0,05$), в левой – на 12 % ($p < 0,05$). Убыль мышечной ткани компенсировалась увеличением жировой ткани – на правой руке на 6,8 % ($p < 0,05$), на левой – на 14,2 % ($p < 0,05$).

В трудоспособном возрасте (21-60 лет) масса правой ноги увеличивалась на 8,2 % ($p < 0,05$), левой – 5 %. Прирост массы в правой ноге за счет мышечной ткани составил 10 % ($p < 0,01$), в левой – 7 % ($p < 0,05$). Количество жировой ткани оставалось неизменным. В возрасте 56-60 лет масса начинала уменьшаться и в 76-80 лет была ниже значения в 21-25 лет на 8 % ($p < 0,05$) в правой ноге и на 9 % ($p < 0,05$) – в левой. Масса мышечной ткани уменьшалась в правой ноге на 10 % ($p < 0,05$), в левой – на 11 % ($p < 0,05$). Количество жировой ткани, по сравнению с возрастом 51-55 лет, уменьшалось, но ниже исходных значений не снижалось. В возрасте 21-25 лет обе половины тела равны. С 31 года и до 60 лет масса увеличивалась на 16 % ($p < 0,05$): за счет мышечной ткани на 4,6-9,4 %, жировой ткани – 52-63 % ($p < 0,05$). С 61 года и до 80 лет масса мышечной ткани уменьшалась на 15 % ($p < 0,05$), а жировой ткани – на 8-13 % ($p < 0,05$).

В процессе наблюдений мы убедились в том, что есть разница в формировании скелета и мягких тканей (мышечная, соединительная и жировая ткани). Скелет полностью сформирован в 21-25 лет, а масса тканей увеличивается в период трудовой деятельности. Установлено, что снижение массы мышечной ткани происходило более интенсивно, чем массы тела в целом. При старении в силу изменения обменных процессов развивается гипокинезия. Возрастная атрофия протекает неодинаково в функционально различных мышечных группах: раньше она заметна в области туловища и таза. Мы наблюдали уменьшение массы мышечной ткани при одновременном увеличении жировой ткани. Изменения в мягких тканях имеют прямое отношение к тем сдвигам, которые возникают в скелете. Уменьшение давления мышечной ткани на кости ведет к снижению обменных процессов и деминерализации костной ткани. Это подтверждено подсчетом коэффициента корреляции, рассчитанным по формуле Пирсона:

$$r(\text{МП/мышечная ткань}) = 0,12, p \leq 0,01;$$

$$r(\text{МП/жировая ткань}) = 0,12, p \leq 0,01.$$

4. Роль половых гормонов в механизме возрастной деминерализации костной ткани.

Снижение концентрации половых гормонов имеет существенное значение для процессов ремоделирования кости. В норме у мужчин в возрасте 40-50 лет содержание тестостерона составляет 3-9 нг/мл, а эстрадиола 0,150-0,160 нг/мл. В 70 лет содержание тестостерона и эстрадиола снижалось соответственно до 1,8 нг/мл и 0,087 нг/мл. В МП костной ткани происходили существенные изменения: в позвоночнике МП соответствовала сенильному остеопорозу (Т-критерий -2,6SD). В области проксимальной трети бедренной кости впервые выявлялась остеопения (Т-критерий -1,6SD). Концентрация эстрадиола в сыворотке крови снижалась более резко, чем тестостерона, что подтверждало высказывания о том, что именно эстрогены играют главную роль в поддержании МП кости. На представленных графиках (рис. 5 и 6) видно, что концентрация эстрадиола в сыворотке крови снижалась более резко, чем тестостерона, что подтверждало высказывания о том, что именно эстрогены играют главную роль в поддержании МП кости.

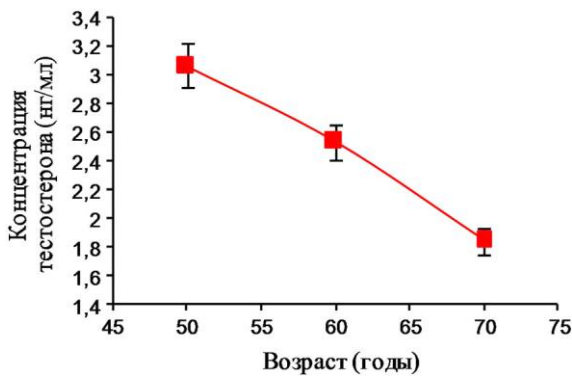


Рис. 5. Возрастные изменения концентрации тестостерона в сыворотке крови мужчин 45-75 лет

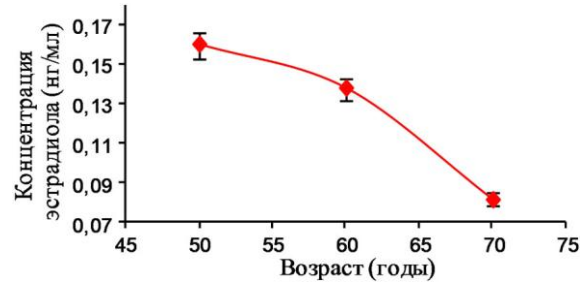


Рис. 6. Возрастные изменения концентрации эстрадиола в сыворотке крови мужчин 45-75 лет

Результаты измерений МП скелета позволили выявить минимальные изменения в таких сегментах, как поясничный отдел позвоночника, большой вертел. Первые признаки деминерализации появлялись впервые в 41-45 лет в пространстве Варда. Наибольшее число случаев снижения МП отмечено в возрастной группе 46-70 лет. До 70 лет изменения в виде остеопении локализовались в основном в позвоночнике. После 70 лет в проксимальной трети бедренной кости, как правило, встречался остеопороз. С возрастом у мужчин происходило снижение секреции половых гормонов, что негативно влияло на плотность костной ткани. Это подтверждено подсчетом коэффициента корреляции по формуле Спирмана, где r (МП/конц. тестостерона) = 0,4, ($p \leq 0,05$), r (МП/конц. эстрадиола) = 0,4, ($p \leq 0,05$). Следовательно, у мужчин с диагностированным остеопорозом необходимо проведение гормонального обследования, включающего определение тестостерона и эстрадиола. В свою очередь, у всех мужчин с низким содержанием половых гормонов необходимо проведение денситометрии. По результатам нашего исследования диагностику содержания минералов необходимо проводить в проксимальном отделе бедренной кости.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При обследовании мужчин Уральского региона нами установлены как возрастные изменения МП костей скелета, так и морфометрические параметры участков, наиболее подверженных риску перелома.

По результатам нашего исследования снижение массы минералов выявлено впервые в 61-65 лет. В дальнейшем она медленно снижалась. МП в первом позвонке в 80 лет снижена на 20%. Аналогичные изменения минералов происходят и во втором-четвертом позвонках, где возникает основное число переломов, в соответствии с наибольшей нагрузкой, которой подвергается поясничный отдел позвоночника.

Нами обнаружено, что при возрастной потере минералов и снижении высоты поясничных позвонков компенсаторно увеличивается их ширина.

В нашей работе изучена также возрастная ди-

намика МП проксимального отдела бедренной кости (шейка, большой вертел, пространство Варда, диафиз). Такие сведения у жителей Уральского региона получены впервые. Первые признаки уменьшения МП выявлены в пространстве Варда в возрасте 41-45 лет, причем значения массы и МП были ниже слева, чем справа. В 70 лет количество минералов снижено на 28%.

В работах по изучению механических свойств кости установлены пороговые значения МП, ниже которых кость не выдерживает физиологические нагрузки. Однако в указанных возрастных группах снижение модуля упругости и предела прочности не было прямопропорциональным. Это указывает на то, что происходит и качественные изменения коллагена, костного связующего вещества — мукополисахаридов, а также структурные изменения в кости [1].

Наибольшие изменения биомеханических свойств происходили при действии силы в поперечном направлении. Они указывают на то, что кость теряет способность противостоять действию нефункциональных нагрузок (действующих не вдоль кости, а поперек ее), что может быть причиной спонтанных переломов [2]. Существует зависимость между массой минералов и числом переломов в отдельных частях скелета. Так, например, при уменьшении у мужчин массы минералов во всем скелете на 7 % отмечаются переломы лучевой кости в типичном месте, на 10 % - в позвоночнике, на 16 % - в проксимальном отделе бедренной кости [3]. По результатам изучения механических свойств костной ткани сделан вывод, что одной из причин деминерализации является снижение двигательной активности. Изменения в мягких тканях имеют прямое отношение к тем сдвигам, которые возникают в скелете. Уменьшение давления мышц на кости ведет к снижению пьезоэлектрического потенциала, обменных процессов и деминерализации костной ткани [4].

В подтверждение данного аргумента нами изучены особенности накопления мышечно-жирового компонента состава тела. Масса мышечной и соединительной ткани возрастала с 31 до 60 лет, после 60 лет - начинает очень медлен-

но снижаться. Достоверные различия получены только в возрастной группе 76-80 лет - на 11 % ($p < 0,05$). При старении происходит уменьшение массы мышечной ткани. По литературным данным, подобное обусловлено уменьшением воды в мышечных клетках, определенная часть их гибнет. С возрастом увеличивается количество липидов в мышечной ткани в среднем на 16 % [5, 6]. Снижение массы мышц происходит более интенсивно, чем массы тела в целом. Уменьшение массы мышечной ткани нижних конечностей мы выявили в 51-55 лет. Это согласуется с результатами других исследователей установивших, что трехглавая мышца голени стареет к 50 годам, мышцы бедра - к 60 годам: уменьшается диаметр отдельных волокон. Диаметр мышечного волокна грудной мышцы в 50 лет уменьшается вдвое, в 70 лет - в 4 раза.

Результаты наших измерений позволили выявить минимальные изменения МП в таких сегментах, как поясничный отдел позвоночника, ребра, проксимальная треть бедренной кости, кости таза. Установлено, что снижение минеральных веществ у мужчин начинается в 66-70, в 70-80 лет происходят изменения соответствующие остеопении.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-04-96033.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буровцева, А. И. Минеральная плотность костей скелета мужчин в возрастном аспекте / А. И. Буровцева // Вопросы теоретической и практической медицины : материалы 69-й республ. итог. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых республики Башкортостан с междунар. участием. - Уфа, 2004. - С. 39.
2. Буровцева, А. И. Возрастные изменения минеральной плотности костей скелета у мужчин и механизмы деминерализации / А. И. Буровцева, Е. Н. Овчинников // Новые технологии в диагностике и лечении травм и заболеваний опорно-двигательной системы : материалы межрегион. конф. молодых ученых. - Саратов, 2003. - С. 21-26.
3. Буровцева, А. И. Возрастные изменения массы мышц, соединительной и жировой тканей у мужчин по данным рентгеновской двухэнергетической абсорбциометрии / А. И. Буровцева, А. А. Свешников // Материалы третьей междисциплин. конф. с междунар. участием. - Петрозаводск, 2004. - С. 27.
4. Буровцева, А. И. Минеральная плотность скелета мужчин 21-85 лет / А. И. Буровцева // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. - 2004. - Т. 90, № 8. - С. 368.
5. Буровцева, А. И. Пожилые мужчины : возрастные изменения минеральной плотности костей скелета, массы мышц, соединительной и жировой тканей / А. И. Буровцева // Современные проблемы геронтологии : материалы междунар. конф. - М. : Ин-т геронтологии, 2004. - С. 45.
6. Буровцева, А. И. Пожилые мужчины : возрастные изменения минеральной плотности костей скелета, массы мышц, соединительной и жировой тканей / А. И. Буровцева, А. А. Свешников // Медицина для пожилых и инвалидов : материалы науч.-практ. конф. - М., 2004. - С. 19-20.

Рукопись поступила 18.04.06.