

© Группа авторов, 2003

Роль физической культуры в профилактике остеопороза

А.А. Свешников, Л.А. Смотровая, Н.Ф. Обанина

The role of physical culture in osteoporosis prevention

А.А. Sveshnikov, L.A. Smotrova, N.F. Obanina

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)

В плане реализации Всемирной Декады (2000-2010 гг.) костей и суставов данный вопрос представляется весьма актуальным, так как население Земли повсеместно стареет и растут и без того огромные расходы на лечение переломов у пожилых и старых людей. В ближайшие 30-50 лет ни одно государство мира не сможет финансировать лечение даже переломов проксимального отдела бедренной кости. Из такой ситуации выход один — заниматься профилактикой переломов. Среди ее ключевых вопросов — изучение качества жизни и психологической нагрузки на человека и общество. Эти вопросы интенсивно разрабатываются и изучаются с 1996 года именно в нашем Центре. Накоплен уже большой опыт в этой работе.

В последние годы при лечении остеопороза явно преобладает увлеченность различными препаратами и фактически не изучается возможная роль физической культуры в профилактике переломов, забывается, что физическая активность (ФА) — определяющий фактор перестройки кости и поэтому остеопению вначале очень легко предупредить самой обычной двигательной активностью. Подтверждением этого положения является наблюдение, свидетельствующее о том, что уменьшение объема движений зимой (с января по март) ведет к уменьшению минеральной плотности (МП) в поясничном отделе позвоночника на $1,6 \pm 0,6\%$, а летом (с июля по сентябрь) она увеличивается на $1,7 \pm 0,5\%$ [1]. МП убывает потому, что снижение двигательной активности ведет к уменьшению мышечной массы, нагрузки на кость и ослаблению гравитационной силы [2]. Поэтому инволюционная потеря кости отражает приспособительную реакцию ее на уменьшение двигательной активности [1]. В силу этого при малоподвижном (сидячем) образе жизни частота остеопороза составляет 47%, а среди физически работающих лиц — 23% [3]. Есть наблюдения, свидетельствующие о том, что под влиянием

систематических занятий физкультурой МП в скелете увеличивается на 1% за месяц [4]. Особенно заметно увеличение у детей, она для них даже более важна, чем потребление кальция [5].

Регулярные физические упражнения могут задержать или свести до минимума потерю МП, которая наблюдается у женщин, не занимающихся физкультурой в перименопаузном периоде [6]. Но особенно наглядно ФА регулирует скорость потери МП кости в позвоночнике у женщин среднего возраста [7]: при высокой работоспособности МП в позвоночнике выше на 15% по сравнению с группой аналогичного возраста, но с малой подвижностью. На 23% выше плотность в шейке бедренной кости. Из этого вытекает заключение, что физическая нагрузка может быть успешно применена для предупреждения переломов в проксимальном отделе бедренной кости и позвоночнике [8]. Пристальное внимание к МП при проведении профилактики переломов обусловлено тем, что она на 80-90% определяет механическую прочность кости [9].

Наиболее широко измерения МП в процессе занятий физкультурой стали проводиться после внедрения дихроматических костных денситометров и метода биэнергетической рентгеновской абсорбциометрии.

Возрастные изменения МП вначале сводятся к потере массы кости без изменения ее структуры. Механические свойства, например, позвоночника опасно снижаются при убыли минералов на 30% [10]. Но одновременно снижается прочность и других костей, поэтому в целом возрастает предрасположенность к переломам.

Эффект снижения физической нагрузки на МП наибольший у иммобилизованных больных [11]. Но вибрирующая кровать предотвращает отрицательный баланс кальция [12]. Для стариков, которые находятся на постельном режиме, спокойное стояние около кровати в течение 1-2 часов также дает аналогичный эффект.

Но при переломах на почве остеопороза ФА не оказывает очевидного влияния [13].

В настоящее время нет доказательств того, что физическая нагрузка одна или в сочетании с кальцием может предотвратить быстрое уменьшение массы кости непосредственно в постменопаузе [14].

В возрасте 50-65 лет уровень физической активности у женщин снижается, а в 70 лет устанавливается на постоянном низком уровне. В связи с этим меняется темп снижения МП и даже задерживается развитие остеопении [15]. Это и служит реальной платформой для профилактики инволюционной потери кости [1], главным образом за счет укрепления мышечно-связочного аппарата, умеренного давления на позвоночник и длинные кости при сокращении мышц.

При МП в позвоночнике более 1,40 г/см² переломы у женщин не встречаются, при 1,30-1,00 г/см² – обнаруживаются в 7% случаев. В 40-70 лет вероятность переломов шейки может увеличиваться в 50 раз [16]. Уменьшение МП после 45 лет свидетельствует уже не только об остеопении, но и об изменении структуры кости. При изучении рентгенограмм у женщин в возрасте 45-90 лет, которые не страдали заболеваниями скелета, установлено, что с возрастом по мере уменьшения кортикального слоя увеличивается толщина надкостницы. В связи с этим становится большим внешний диаметр кости, поперечное сечение ее, и этим в какой-то мере компенсируется устойчивость кости к нагрузкам [17]. При 0,60 г/см² и ниже переломы происходят в 100% случаев [18].

В зрелом возрасте и у стариков эффект физической нагрузки на МП очень мал или вообще не выявляется [19], но прочность кости можно увеличить на 70-80% за счет увеличения силы мышц и уменьшения частоты падений. Систематические занятия физкультурой наиболее важны для пяточной кости [20] и положительно влияют на уменьшение числа переломов проксимальной трети бедренной кости [21]. Это позволяет компенсировать симптомы остеопороза у старых женщин [22].

Занятия физкультурой и другие мероприятия в условиях остеопороза привлекают внимание специалистов в связи с тем, что если на 5-6 лет отсрочить время появления первых переломов, то расходы на их лечение уменьшатся в два раза [23, 24], то есть экономический эффект от относительно простых профилактических мероприятий огромен. В связи с этим представляется целесообразным проанализировать данные о влиянии физической нагрузки на МП.

Наблюдения в эксперименте. У кроликов нагружали правую заднюю лапу силой в 1,5 раза большей веса тела по 20 минут ежедневно в течение 3 недель. О костеобразовании судили по накоплению в кости меченого тетрациклина. Об-

наружено образование остеонов в позвоночнике вплоть до шейных позвонков, но в передней конечности изменений не наблюдалось. Это указывает на то, что нагрузку на нижнюю конечность (например, при ходьбе) можно использовать для профилактики остеопороза в позвоночнике.

Martin и соавт. [25] ежедневно по 1,5 часа оказывали воздействие на поясничный отдел позвоночника собаки путем нагружения задней конечности силой в 1,3 раза большей веса тела. Эксперимент продолжался 3,5 года. Наблюдалось увеличение МП в телах 1, 2, 3 поясничных позвонков и задних конечностях. Авторы пришли к заключению, что длительная нагрузка увеличивает МП не только в костях осевого, но и конечного скелета.

Наблюдения при занятии различными видами спорта. Ходьба – лучшее физическое упражнение для лиц среднего и пожилого возраста. При ежедневной ходьбе нормальным шагом МП увеличивается в позвоночнике в связи с механической нагрузкой веса тела и воздействием сокращающихся паравертебральных мышц на поясничные позвонки. Кстати, они деформируются все время, в том числе и при дыхании [26]. Ремоделирование кости происходит за счет увеличения механического воздействия на критические области скелета. Желательно ежедневно ходить по 30-60 минут или бегать разминочным шагом [24]. Хороший эффект вызывают верховая езда и танцы. Применяются и простые физические упражнения для поддержания тонуса мышц плеча, груди, спины и рук. Сильные объемистые мышцы, как подушки, предохраняют кость от воздействия разрушающей внешней силы при падении.

ФА, эквивалентная 65-80% максимальной частоты пульса, обеспечивает нормальный остеогенез и способствует образованию кости путем увеличения механического воздействия на критические участки скелета [24].

Сделаны наблюдения за женщинами 50-63 лет, которые занимались ходьбой в течение 6 месяцев. Начинали они по 1 миле (1,6 км) два раза в неделю. Эффект выражался в том, что прекращалось возрастное снижение минералов в позвоночнике и нижних конечностях [27] как следствие увеличения мышечной нагрузки, улучшения васкуляризации, увеличения концентрации медиаторов в крови. В лучевой кости, которая не подвергалась нагрузке, изменений не наблюдалось [27, 28].

При сочетании ходьбы с бегом и игрой в мяч по 1 часу 2 раза в неделю в течение 8 месяцев у 31 женщины 50-73 лет, перенесших за срок от 9 до 21 месяца перед этим перелом Коллеса, МП позвоночника увеличивалось на 3-5%. В контрольной группе обследуемых, не занимающихся физкультурой, МП уменьшилась на 2-7%. В предплечье, где была травма, МП увеличивалась на 3-5% [1].

Умеренная физическая нагрузка (ходьба, плавание, наклоны тела) тормозит потерю массы кости или же МП увеличивается на несколько процентов. В другом исследовании [29] показано, что занятия нетренированных мужчин 50-70 лет 3 раза в неделю в течение 16 недель увеличивали прочность их конечностей в целом на 45%, МП в позвоночнике возрастала на 2%, в шейке бедренной кости – на 4%. Суммарная плотность тела оставалась неизменной. Но такое наблюдение единичное, так как изменения слишком быстрые и значительные.

У молодых женщин, занимавшихся бегом в течение года, МП возрастала на 1% [30]. В другом исследовании [31] показано, что ударная нагрузка (прыжок и перепрыгивание) в течение 6 месяцев у предменопаузальных женщин не оказывала влияния на МП в позвоночнике и шейке бедренной кости, но в большом вертеле МП возрастала на 3%.

Наблюдали также 2 группы женщин: в одну входили женщины в возрасте 18-40 лет, во вторую – 47-55 лет, которые на протяжении 5 лет три раза в неделю бегали по 30 минут в день. МП определяли в дистальном отделе и диафизе лучевой кости, а также в позвоночнике [1]. Регулярные занятия задерживали и уменьшали возрастную до 55 лет потерю минералов (наблюдения сделаны у 124 женщин).

У женщин-домохозяек (60-65 лет) через 3 года после занятий бегом МП в лучевой кости возрастала на 4,2%, в то время как в аналогичной возрастной группе женщин, не занимающихся бегом, уменьшалась на 2,5% [31]. В процессе занятий лечебной физкультурой наблюдали более выраженные изменения МП (увеличение на 7,8%, $P < 0,05$) [32]. Поэтому основной смысл занятий бегом у лиц пожилого возраста (помимо тренировки сердечно-сосудистой системы) – предупреждение инволюционной потери кости.

У мужчин (38-68 лет) удалось проследить влияние интенсивности и длительности занятий бегом на МП. Так, при беге по 16 км за неделю в течение 9-ти месяцев МП в шейке бедренной кости возрастала на $3,1 \pm 0,4\%$ ($P = 0,01$), а у тех, кто пропустил в общей сложности один месяц занятий, – на $1,1 \pm 0,26\%$ ($P > 0,2$; [33]). При беге на аналогичную дистанцию на протяжении 25 лет (средний возраст таких мужчин 54,6 года) было очень четкое увеличение МП в шейке бедренной кости и позвоночнике на 8,5%, диафизе бедренной кости – на 13, в трабекулярной кости дистального отдела костей предплечья, головке плечевой кости в пяточной кости – на 20% [33].

У старых мужчин (70-80 лет) при занятии бегом в течение года МП в позвоночнике не изменилась, а количество калия увеличилось на 4% [34]. У стариков (84-х лет), занимавшихся бегом по 30 минут в день три раза в неделю в течение 2,5 лет, МП увеличивалась на 3%, в то

время как у 17 лиц такого же возраста, не занимавшихся бегом, снизилась на 2,3% [35].

Сделаны наблюдения у 84 женщин в возрасте 49 лет (до менопаузы) и у 46 – в 55-60 лет (после нее) за влиянием физической нагрузки (на велоэргометре) на МП в шейке бедренной кости, позвоночнике и костях предплечья. Нагрузка оценивалась по максимальной величине поглощения кислорода [36]. Частота пульса составляла 120-170 в минуту. Обнаружен параллелизм между максимальной величиной потребления кислорода и МП в позвоночнике и шейке бедренной кости. МП в позвоночнике и шейке увеличивалась у женщин в возрасте 49 лет на 8% (за 8 месяцев занятий), а у женщин 50-55 лет – на 15% [36].

Нами также проведены наблюдения за практически здоровыми женщинами в возрасте 51-55 лет [36-40]. Именно в этот период у них происходит существенное снижение МП, обусловленное уменьшением концентрации эстрогенов. Накануне занятий бегом было проведено тщательное обследование. Они были разделены на три группы по 30 в каждой. В каждой группе было по две подгруппы – 15 женщин в возрасте 51 года или 55 лет. Для выяснения степени возрастного снижения МП (на протяжении 3-х лет) наблюдали 30 женщин в возрасте 31 года (возрастной контроль в условиях максимальной МП). Женщины бегали по 30 минут 6 раз в неделю в течение 1-3 лет. Темп бега выбирался с таким расчетом, чтобы частота пульса колебалась в пределах 120-170 в минуту.

У женщин в возрасте 51 года (контрольная группа) МП в метафизе лучевой кости была снижена на 9% по сравнению с аналогичной группой в возрасте 31 года. В позвоночнике – на 14, в шейке бедренной кости – на 23, в пяточной кости – на 17%. В диафизах бедренной и большеберцовых костей уменьшение МП составило 6%.

При наблюдении в течение 3 лет за женщинами этого же возраста, не занимающимися бегом, отмечалось дальнейшее снижение МП на 7-9% в позвоночнике и пяточной кости, в остальных костях – на 4-5%. Лишь в метафизе лучевой кости МП оставалась неизменной.

Занятия бегом (женщины 51 года) на протяжении первого года приводили к увеличению МП (на 3%) только в шейке бедренной кости, а в пяточной – она оказалась сниженной на 7%. Занятия в течение 2 лет сопровождалось увеличением МП во всех костях скелета, но в большей степени оно было заметно в позвоночнике и шейке бедренной кости. В пяточной кости восстанавливалась до возрастного значения в 51 год.

Занятия в течение 3 лет привели к заметному увеличению (на 8%) МП в позвоночнике и шейке бедренной кости, а в остальных костях – на 3-4%.

У женщин, начавших бегать в 55 лет, уже через год было заметно увеличение МП (на 3-5%) во всех изученных точках. В пяточной кости, как

и в 51 год, вначале отмечено небольшое снижение МП. Через 2 года наблюдали увеличение МП (10%) в позвоночнике и шейке бедренной кости, в метафизах бедренной и большеберцовой костей – на 5%. В пяточной кости МП восстанавливалась до возрастной нормы. Занятия бегом в течение 3 лет приводили к увеличению МП в позвоночнике и шейке бедренной на 15%, в метафизе лучевой – на 12%, в большеберцовой и бедренной костях – на 7%, в пяточной – на 3%.

Из полученных нами данных вытекает заключение, что у женщин в возрасте 51-55 лет наибольшая величина снижения МП наблюдалась в осевом скелете (позвоночнике), а также в костях, содержащих значительное количество губчатой ткани (пяточная, метафиз лучевой) и шейке бедренной кости. В диафизах длинных костей МП изменялась очень незначительно. Занятия бегом в течение года предупреждали возрастную потерю кости и создавали тенденцию к увеличению МП. Отчетливый эффект отмечался через два года, а статистически достоверный – через 3. Вместе с тем следует отметить, что у женщин, занимавшихся бегом, не произошло ни одного перелома.

Из приведенных данных видно, что наибольшая величина снижения МП наблюдалась в осевом скелете (позвоночнике), а также в костях, содержащих значительное количество губчатой ткани (пяточная, метафиз лучевой) и шейке бедренной кости.

В связи с тем, что на пяточную кость при занятии бегом приходится значительная нагрузка, МП в ней в течение первого года была снижена, на втором – приближалась к возрастной норме, а затем увеличивалась на несколько процентов.

Гимнастика. Проведены наблюдения за изменением МП у женщин 53±5,6 года, которые занимались по 1 часу в день 3 раза в неделю на протяжении года. Определения сделаны до начала занятий и в конце методом нейтронно-активационного анализа. Счетчиком всего тела подсчитывали величину калия во всем теле. Методом фотонной абсорбциометрии измеряли количество МП в диафизе лучевой кости. Содержание кальция во всем теле увеличивалось с 781±95 г до 801±118 г., то есть положительный баланс кальция составил + 42 мг/день, а у тех, кто не занимался гимнастикой и вел малоподвижный образ жизни (контрольная группа), он был равен – 43 мг/день. Эти результаты показывали, что систематические занятия гимнастикой могут смягчать инволюционную потерю кости [41].

У молодых гимнастов масса тела обычно меньше на 5 кг за счет жира. Интенсивная тренировка в течение 6 месяцев увеличивала МП в позвоночнике на 1% [42], а в бедренной кости суммарная величина не изменялась.

Аэробика. Женщины 50-63 лет занимались аэробикой в течение 6 месяцев. Начинали с двух

танцев в день 2 раза в неделю и на протяжении 11 недель постепенно увеличивали их число (до 5 танцев в день 4 раза в неделю). Измерения МП проводили в диафизе лучевой кости. Обнаружено прекращение возрастной потери МП [43].

Есть наблюдение, в котором МП изучали в симметричных точках диафизов левой и правой лучевой костей у 200 женщин (45-65 лет). Группа из 80 женщин не занималась физкультурой (контрольная группа), а 120 – на протяжении 4-х лет занимались аэробикой по 45 минут в день 3 дня в неделю, 50 недель в году. В контрольной группе потеря минералов во всех указанных костях составляла 2,44% за каждый год наблюдения. У занимавшихся аэробикой на первом году МП уменьшалась на 3,77%, а на втором-четвертом – увеличивалась на 1,39% (за каждый год), поэтому конечный результат статистически достоверно отличался от контроля [44].

В течение трех лет тренировали 86 женщин 40-75 лет по 1 часу 3 раза в день на протяжении 8 месяцев в году. У женщин 40-55 лет величина МП в метафизе лучевой кости увеличивалась на 6%. Более высокие цифры (12%) были у женщин 56-75 лет [45].

Женщины в возрасте 65 лет в условиях госпиталя занимались аэробикой и укреплением силы мышц по 1 часу 3 раза в неделю. Большинство из них в течение 2-х лет принимали фтористый натрий. Массу костного минерала определяли методом нейтронно-активационного анализа в позвоночнике и костях таза. Физическая нагрузка определялась по максимальной величине поглощения кислорода. До занятий кальциевый индекс составлял 0,66-0,68 (норма 1,00±0,12, P<0,001). После занятий наблюдалось значительное увеличение его (0,81±0,09, P>0,05) и поглощения кислорода. У тех, кто занимался в условиях госпиталя, количество кальция было на 21% выше по сравнению с теми, кто занимался дома. Авторы [46] считают, что увеличению костной массы способствовал прием фтористого натрия. Они также предполагают, что физическая нагрузка может потенцировать его действие.

Теннис, плавание, игра в гольф. Тренировка 86 женщин (40-75 лет) включала 1 час занятий три раза в день на протяжении 8 месяцев в году в течение 3 лет. Большинство из них (52) занимались теннисом, плавали (18), играли в гольф (16). У женщин 40-55 лет МП в позвоночнике увеличивалась на 11%, в плечевой кости – на 4%. В возрасте 56-75 лет эти величины составили соответственно 23 и 8% [45].

При плавании в диафизе и метафизе лучевой кости МП незначительно увеличивалась, но не возрастала в позвоночнике [47], так как нагрузка приходится в основном на концевой скелет. Занятия лишь предотвращали возрастную потерю минералов в осевом скелете [48]. Но плавание способствует укреплению мышц, в частности

спины, что благоприятно сказывается на реабилитации после переломов.

Таким образом, анализ приведенных работ показывает, что с помощью ежедневной физической активности можно предупреждать развитие остеопороза за счет усиления обмена веществ в костной ткани и стимуляции активности остеобластов. Физкультура задерживает изменения в строении тела, которые сопровождают возрастной процесс. Локальная потеря массы кости обратима, но время восстановления в несколько раз больше, чем при потере ее. В процессе восстановления имеются широкие индивидуальные различия.

При правильно подобранных интервалах между нагрузками происходит сращение микропереломов и даже увеличение прочности. Регулярные занятия способны обеспечить желаемый эффект – задерживают потерю массы кости (до 55 лет). Вполне реально выиграть 10 лет (с 45 до 55), чтобы уменьшить число переломов не менее чем в 2 раза.

В процессе занятий физкультурой нужно помнить, что хотя она и приемлема для предотвращения остеопороза, но должна применяться с осторожностью, без опасной нагрузки на кости, которые чувствительны к переломам. Для ремоделирования кости важна динамическая (импульсная, ударная) нагрузка [49]. Статическая (постоянная) – неэффективна в образовании кости. Скорость нагружения должна быть большой, а время воздействия – продолжительным. Они – решающие условия в профилактике переломов. Сильные нагрузки более благоприятны, чем слабые. Ходьба менее эффективна, чем бег. Баллистические упражнения (бросание) вызывают значительный положительный эффект при профилактике переломов. При ударных нагрузках продолжительность воздействия существенного значения не имеет. Рост кости начинает стимулироваться при частоте воздействия 36 раз в день и 1800-2000 микронапряжений [50]. Импульсная нагрузка (длительность – 50 мс 1000-12000 раз в день при величине, превышающей массу тела в 1,5 раза) увеличивает образование остеонов в два раза [50]. Нагрузка 1000 раз в день задерживает, но не предотвращает потерю МП [50]. Приложенная прямо к позвоночнику, она не предупреждает развитие остеопороза у подвижных больных, а у неподвижно лежащих – увеличивает.

Минеральная плотность костей при длительных и интенсивных тренировках. Интересные наблюдения сделаны за 268 новобранцами в возрасте 18-21 года. Они в течение 40 недель занимались энергичной физической тренировкой (ходьба, бег трусцой, бег с грузом и без него, в армейском обмундировании, а также в нем, включая вещевой мешок). Тренировки проводились по 8 часов шесть дней в неделю. Изучено МП на расстоянии 8 см от голеностопного сустава.

Через 4 недели у 40% тренировавшихся возникли переломы: из них 56% – большеберцовой кости, 34% – бедренной, 8% – предплюсны и плюсны. На 5-8 неделях число переломов составило 22%, после 8-й недели – 15% [51]. У 60% новобранцев без переломов (158 человек) в результате тренировки МП в левой ноге увеличилась на 11,1%, в правой – на 5,2%. Это же подтверждено в эксперименте на животных. Показано, что большая величина нагрузки в длинных костях приводит к переломам от усталости кости или к массивной гипертрофии [52]. При несколько меньшей нагрузке она небольшая, а повреждения – микроскопические.

Сравнивали две группы мужчин: в первую входили мужчины в возрасте 25 лет, которые тренировались в течение 3-х месяцев. Среди них 10 мужчин бегали по 3 км пять раз в неделю и 9 – по 5 км три раза в неделю. Интенсивная ходьба и бег в течение 3-х месяцев не приводили к увеличению МП в костях нижних конечностей [53]. Во вторую группу входили спортсмены-чемпионы, которые бегали на аналогичные дистанции в течение 25 лет (средний возраст 54,6 года). Контрольную группу составили мужчины такого же возраста, но не занимавшиеся физкультурой. Изменения были выражены очень четко: в теле пяточной кости МП увеличивалась на 20%, в позвоночнике и шейке бедренной кости – на 8,5%, в лучевой и локтевой (трабекулярная кость) – на 20%. Такие изменения обусловлены большой длительностью тренировок, так как даже при занятии бегом по 16 км в день (наблюдала 20 мужчин 38-68 лет до начала и в конце занятий), но в течение 9-ти месяцев, сдвиги были выражены в меньшей мере: у тех, кто бегал регулярно и не пропустил ни одной тренировки, МП возрастала на $3,11 \pm 0,24\%$ ($P=0,01$), а у пропустивших в общей сложности около 1 месяца – на $1,11 \pm 1,96\%$ ($P=0,06$) [54].

В конечном скелете спринтеров МП на 20% выше, чем у тех, кто специально спортом не занимался [55]. Увеличение МП наблюдалось преимущественно в кортикальной кости.

У мужчин, занимающихся бегом на длинные дистанции, МП бедра уменьшается на 10-20% [56] в связи с ослаблением обмена веществ на 20-30%.

У 120 спортсменок в возрасте 18-23 лет, игравших в теннис (11 женщин) и занимавшихся плаванием (23), МП определяли в костях, несущих вес тела (поясничный отдел позвоночника и плюсневые кости), а также в диафизе лучевой (кортикальная кость) и дистальной ее части (трабекулярная кость). Игра в теннис велась по несколько часов в день с интенсивной гравитационной нагрузкой на кости, несущие вес тела. Занятия включали также спринт и медленную ходьбу. У молодых спортсменок, игравших в теннис, МП в ведущей руке увеличилась на 16%

(по сравнению с противоположной). Ширина дистального отдела локтевой кости и длина ее была больше в ведущем предплечье [57]. У профессионалов внешний диаметр плечевой кости в ведущей руке у мужчин увеличился на 34,9%, у женщин - на 28,4% [58]. В доминирующей руке (или ноге) МП выше на 12%, чем в противоположной. В позвоночнике МП возрастала на 11%. В плюсневой кости МП у теннисисток увеличена в большей мере (20%) по сравнению с пловчихами [59]

У женщин в возрасте 40-55 лет МП в лучевой кости при игре в теннис увеличивалась на 6%, в позвоночнике - на 11%. Наименьшая величина прироста была в плюсневых костях (4%). Максимальное увеличение МП (12%) отмечено у женщин в 55-75 лет, в позвоночнике - на 23%. Увеличивалась масса как трабекулярной, так и компактной кости [59].

У спортсменов высшей квалификации в бедренной кости МП больше на 50%, чем у не занимавшихся спортом [60]. Увеличение плотности наиболее заметно при таких видах спорта, которые создают большую нагрузку на скелет (тяжелая атлетика, теннис, метание диска) [61]. Это можно показать на таком примере: под наблюдением находились 64 спортсмена высокого класса. Из них 9 были чемпионами международных соревнований. Контрольная группа состояла из 39 здоровых лиц, из них 34 регулярно участвовали в соревнованиях, 15 занимались обычной физической культурой. МП в костях скелета была пропорциональна физической нагрузке. Наибольшая ее величина была у прыгунов в высоту, а также у тяжелоатлетов [61].

По данным Aloia и соавт. [55], у марафонцев содержание общего кальция увеличено на 11%. У штангистов и танцоров балета в различных участках лучевой кости распределение минералов было следующим: в дистальном метафизе выше - на 38%, в диафизе - на 19%. В большеберцовой кости - на 28% [60, 62]. Увеличение МП (на 20%) в ней у легкоатлетов наблюдали и другие авторы [63]. Аналогичный сдвиг отмечен и у баскетболистов в игровой руке [64]. Franke и Runge [65] показали, что у мужчин - метателей диска МП в лучевой кости увеличена на 20%. У прыгунов, футболистов - на 11%. У женщин, занимавшихся этими же видами спорта, МП была ниже указанных величин на 4%. Schmitt [64] в своей диссертационной работе наблюдала у спортсменов-чемпионов увеличение МП в пяточной кости на 30-40%.

У пловцов в диафизе и метафизе лучевой кости МП незначительно выше [67]. У пловцов гравитационная сила меньше, но больше воздействие на концевой и осевой скелет [59] в силу чего происходило увеличение плотности. Одновременно наблюдалось нарастание ширины кости.

У атлетов 20-25 лет дистальная треть бедра имела значительно большую плотность, чем в норме [61]. Более высокая (на 20%) МП была также в дистальной трети большеберцовой кости у танцоров балета [62]. У многих женщин-атлетов снижается вес тела, уменьшается количество жировой ткани до 10% (у нормальных молодых девушек ее - 30%). Может наблюдаться увеличение уровня паратиринина.

Интенсивный бег. У лиц, занимающихся бегом, важна оценка МП в позвоночнике и пяточной кости, так как на них приходится значительная нагрузка. Аналогичные количественные изменения происходят в шейке, межвертельной области, дистальной трети бедренной кости и в лучевой [68].

Из изложенного видно, что при условии адекватной нагрузки спорт оказывает благоприятное влияние на кости скелета. Изменения носят характер рабочей гипертрофии. Поперечный размер диафизов трубчатых костей увеличивается, кортикальный слой становится толще. В целом кости становятся массивнее, крепче и, следовательно, устойчивее к травмам и другим повреждениям. Но чрезмерная нагрузка может привести к нежелательным сдвигам в организме спортсмена. Вначале они выражаются в сосудистых расстройствах (анемия и гиперемия тканей) и нарушении обмена. Затем развиваются нарушения трофики. Стойкие сдвиги переходят в различного рода патологические в мышцах, сухожилиях, связках, в суставном хряще и надкостнице. Поэтому у спортсменов следует проводить научно обоснованные и эффективные профилактические мероприятия. Такая возможность может появиться лишь после глубокого изучения влияния интенсивных спортивных нагрузок на организм и, в частности, на минеральную плотность костей скелета.

При очень больших физических нагрузках следует учитывать период наибольшей активности половых желез, когда организм неустойчив и раним.

Главными факторами появления изменений в костной системе являются раздражения рецепторов, рефлекторная гиперемия и усиление обмена веществ, которые всегда возникают в организме во время спортивных упражнений. Нервные механизмы, кора головного мозга при этом играют регулирующую роль.

Значительно повышенная функция мышц вызывает раздражение надкостницы, усиление процессов оссификации в местах прикрепления мышц. Кости спортсмена своеобразно изменяются, на них появляются шероховатости, гребни, костные выступы, бугры. За счет этого увеличивается прочность. Перестроенный, усиленный костно-суставной аппарат спортсмена выдерживает значительно большие нагрузки и способствует достижению высоких результатов.

Во время отдыха спортсмен довольно быстро теряет спортивную форму, что обуславливается главным образом изменениями в центральной нервной системе, мышцах, сердце и обмене веществ. В костной ткани изменения сохраняются длительно, и поддерживать это благоприятное состояние можно даже с помощью незначительных спортивных нагрузок. При полном прекращении занятий спортом атрофические процессы в "тренированной" кости протекают медленно, в течение ряда лет, и кость еще долгое время может выдерживать повышенные нагрузки. Полного возврата к исходному состоянию (до начала тренировок) не бывает. Таким образом, занятия спортом замедляют физиологическую инволюцию и возрастное старение костной ткани.

В возрасте 20-25 лет в скелете существует баланс между образованием кости и её резорбцией. К 30 годам он становится неустойчивым, а в 35 лет отрицательным. Уменьшение двигательной активности ведет к убыли мышечной

массы и снижению нагрузки на кость.

Таким образом, систематические и интенсивные занятия спортом лицами разного возраста приводят к локальному увеличению МП в костях, которые подвергаются нагрузке.

Цель дальнейших исследований должна состоять в разработке комплекса упражнений, который позволил бы поддерживать на высоком уровне МП в наиболее чувствительных точках скелета. Важно определить величину и частоту физической нагрузки для каждой области скелета, так как длительные воздействия также вызывают напряжение (усталость) кости и микропереломы. Необходимо изучить продолжительность эффекта от занятий физкультурой на инволюционную потерю в различных костях. Итоги занятиями физкультурой должны быть ободряющими, эффективными для женщин среднего возраста в плане уменьшения риска переломов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 01-04-96422.

ЛИТЕРАТУРА

1. Krolner 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.
2. Smith R.W., Walker R.R. Femoral expansion in aging women: implications for osteoporosis and fractures // Science. - 1964. - Vol. 145. - P. 156-157.
3. Maini P.S., Lamba Jt.S., Singh M. A study of etiological factors in osteoporosis using the femoral trabecular pattern index // Proc. fourth Int. Conf. on bone measurement. - Washington, 1980. - P. 412-416.
4. Krolner B., Toft B. Effect of immobilization lumbar spine bone mineral content // Presented at NASA Meeting on Immobilization and Bone. - San Francisco, 1982. - P. 23-29.
5. Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake / D.C. Welton, H.C. Kemper, G.B. Post et al. // J. Bone Miner. Res. - 1994. - Vol. 9. - P. 1089-1096.
6. Age-related loss of bone mineral density in non-athletic and athletic women / R.V. Talmage, S.S. Stinnett, J.T. Landwehr et al. // Bone and Mineral. - 1986. - Vol. 1. - P. 115-125.
7. Muheum A. Assessment of fracture healing in man by serial 87m Strontium-scintimetry // Acta Orthop. Scand. - 1973. - Vol. 44. - P. 621-627.
8. Krolner B., Toft B. Effect of immobilization lumbar spine bone mineral content // Presented at NASA Meeting on Immobilization and Bone. - San Francisco, 1982. - P. 23-29.
9. Ott S.M., Kilcoyne R.F., Chesnut C.H. Ability of four different techniques measuring bone mass to diagnoses vertebral fractures in postmenopausal women // J. Bone Min. Res. - 1987. - Vol. 2. - P. 201-210.
10. Mazess R.B., Whedon G.D. Immobilization and bone // Calcif. Tiss. Int. - 1983. - Vol. 35. - P. 265-267.
11. Bone mineral status in paraplegic patients who do or do not perform standing / S. Goemaere, M. Van Laere, P. De Neve, J.M. Kaufman // Osteoporosis Int. - 1994. - Vol. 4. - P. 138-143.
12. Effect of prolonged bed rest on urinary calcium output / B.J. Issekutz, N.C. Blizzard, N.C. Birkhead, K. Radiahi // J. App. Physiol. - 1966. - Vol. 21. - P. 1013-1020.
13. Lifetime leisure exercise and osteoporosis / G.A. Greendale, E. Barrett-Connor, S. Edelman et al. // Am. J. Epidemiol. - 1995. - Vol. 141. - P. 951-959.
14. ACSM position stand on osteoporosis and exercise / B.L. Drinkwater, S.K. Grimston, D.B. Raab-Cullen, C.M. Snow-Harter // Med. Sci. Sports Exerc. - 1995.
15. Role of exercise in preventing involutional bone mass / V. Brewer, B. Meyer M.S. Keele et al. // Med. Sci. Sports Exercise. - 1983. - Vol. 15. - P. 445-449.
16. Chalmers J. Geographical variatioin in senile osteoporosis: The association with physical activity // J. Bone Jt. Surg. - 1970. - Vol. 52-A. - P. 667-675.
17. Smith E.L., Babcock S.W. Effects of physical activity on bone loss in the aged // Med. and Sci. in Sports. - 1973. - Vol. 5. - P. 68-69.
18. Bone density-specific fracture risk: a population-based study of the relationship between osteoporosis and vertebral fractures / L.J. Melton, H.W. Wahner, L.S. Ridelson et al. // JNM. - 1985. - Vol. 26. - P. 24.
19. Finsen V. Osteopenia after osteotomy of the tibia // Calcif. Tiss. Int. - 1988. - Vol. 42. - P. 1-4.
20. Factors in daily physical activity related to calcaneal mineal density in men / T.M. Hutchinson, R.T. Whalen, T.M. Cleek et al. // Med. Sci. Sports Exerc. - 1995. - Vol. 27. - P. 745-750.
21. The effects of exercise on falls in elderly patients - A preplanned meta-analysis of the FICSIT trials / M.A. Province, E.C. Hadley, M.C. Hombrook et al. // JAMA. - 1995. - Vol. 273. - P. 1341-1347.
22. Muscle strength in osteoporosis versus normal women / M. Sinaki, M.S. Khosla P.J. Limburg et al. // Osteoporosis Int. - 1993. - Vol. 3. - P. 8-12.
23. Dual energy radiography (DER) for bone mineral analysis (BMA) of the lumbar spine / H.W. Wahner, R. Morin, W.L. Dunn et al. // Mayo Clin., Rochester. - 1988. - N 474.
24. Martin R.K., Albright J.P., Huang H.K. Vertebral body change due to exercise as assessed by computerized tomography // Trans. Orthop. Res. Soc. - 1982. - Vol. 7. - P. 104-109.
25. Lanyon L.E. In vivo bone strain recorded from thoracic vertebrae in sheep // J. Biomech. - 1972. - Vol. 5. - P. 227-281.
26. The effects of exercise on the bones of postmenopausal women / M.R. White, R.B. Martin, R.A. Yeater et al. // Int. Orthop. (SICOT). - 1984. - Vol. 7. - P. 209-213.

27. Physical fitness is a major determinant of femoral neck and lumbar spine bone mineral density / N.A. Pocock, J.A. Eisman, Yeats et al. // *J. Clin. Invest.* - 1986. - Vol. 78. - P. 618-621.
28. Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men / A. Menkes, S. Mazel, R.A. Redmond et al. // *J. Appl. Physiol.* - 1993. - Vol. 74. - P. 2478-2484.
29. Effects of unilateral strength training and detraining of bone mineral density and content in young women: a study of mechanical loading and unloading on human bones / I. Vuori, A. Heinonen, H. Sievanen et al. // *Calcif. Tissue Int.* - 1994. - Vol. 55. - P. 59-67.
30. Bassey E.J., Ramsdale S.J. Increase in femoral bone density in young women following high-impact exercise // *Osteoporosis Int.* - 1994. - Vol. 4. - P. 72-75.
31. Smith E.L., Reddan W.G. The effects of physical activity on bone in the aged // *Med. and Sci. in Sports.* - 1975. - Vol. 7. - P. 84-88.
32. Bone density of the radius, spine and proximal femur in osteoporosis / R.B. Mazess, H.S. Barden, M. Ettinger, E. Schultz // *J. Bone Min. Res.* - 1988. - Vol. 3, N 1. - P. 13-18.
33. The effect of long-distance running upon appendicular bone mineral content / J.A. Williams, J. Wagner, R. Washnich, L. Heilbrum // *Med. Sci. Sport Exerc.* - 1984. - Vol. 16. - P. 223-227.
34. Sidney K.H., Shephard R.J., Harrison J.E. Endurance training and body composition of the elderly // *Am. J. Clin. Nutr.* - 1977. - Vol. 30. - P. 326-332.
35. Smith E.L., Reddan W.G. Physical activity: A modality for bone accretion in the aged // *Am. J. Roentgenol.* - 1976. - Vol. 162. - P. 1197-1202.
36. Свешников А.А., Кузнецов А.П. Влияние бега на минеральный состав костной ткани // *Оптимизация в физкультуре и клинике: Материалы науч.- практ. конф.* - Челябинск, 1987. - С. 57-58.
37. Свешников А.А., Бонькин А.М., Офицерова. Н.В. Содержание минеральных веществ и уровень остеотропных гормонов при силовых нагрузках на кость у летчиков и парашютистов // *Материалы I Российского симпозиума по остеопорозу.* - М., 1995. - С. 113.
38. Двигательная активность больных разного возраста с хронической ишемией нижних конечностей и содержание минеральных веществ в костях стопы / Е.Н. Щурова, А.А. Свешников, Н.Ф. Обанина, А.Г. Пепеляев // *Материалы I Российского симпозиума по остеопорозу.* - М., 1995. - С. 124.
39. Свешников А.А., Ральникова С.В., Обанина Н.Ф. Возраст и минерализация скелета // *Материалы Юбилейной конф., посвящ. 50-летию ВОВ.* - Самара, 1995. - С. 69-70.
40. Свешников А.А., Смотровал Л.А. Роль физической культуры в профилактике остеопороза // *Сборник научных работ, посвященный 70-летию Гафарова.* - Казань, 2002.
41. Prevention of involutional bone loss by exercise / J.F. Aloia, S.H. Cohn, J.A. Ostuni et al. // *Ann. Int. Med.* - 1978. - Vol. 89. - P. 356-358.
42. The effects of gymnastics training on bone mineral density / D.L. Nichols, C.F. Sanborn, S.L. Bonnick et al. // *Med. Sci. Sports Exerc.* - 1994. - Vol. 26. - P. 1220-1225.
43. Physical activity and bone density / H.J. Montoye, J.F. McCabe, H.L. Metzner, S.H. Garn // *Human Biology.* - 1976. - Vol. 48. - P. 599-610.
44. Bone involution decrease in exercising middle-aged women / E.L. Smith, P.E. Smith, C.J. Ensign, M.M. Shea // *Calcif. Tissue Int.* - 1984. - Vol. 36. - P. 129-138.
45. Bone density in women: college athletes and older athletic women / P.C. Jacobson, W. Beewer, S.A. Grub, T.N. Taft // *J. Orthop. Res.* - 1984. - Vol. 2. - P. 328-332.
46. Comparative skeletal mass and radial bone mineral content in black and white woman / S.H. Cohn, C. Abesamis, S. Yasumura et al. // *Metabolism.* - 1977. - Vol. 26. - P.171-179.
47. Mazess R.B., Whedon G.D. Immobilization and bone // *Calcif. Tiss. Int.* - 1983. - Vol. 35. - P. 265-267.
48. Mazess R.B. On aging bone loss // *Clin. Orthop.* - 1982. - N 165. - P. 239-252.
49. Schneider V.S., Hulley S.B., Donaldson C.L. Prevention of bone mineral changes induced by bed rest: modification by static compression simulating weight // *Report of the USPHS Hospital of San Francisco. (NASA-CR-141453).* - 1975.
50. Burr D.B. Remodeling and the repair of fatigue damage // *Osteoporosis Int.* - 1993. - Vol. 53, Suppl. 1. - P. 75-81.
51. Effect of intense physical activity on the bone mineral content in the lower limbs of young adults / J.V. Margulies, A. Simkin, B. Leichter et al. // *J. Bone Jt. Surg.* - 1986. - Vol. 68-A. - P. 1090-1093.
52. Chamay A. Tschantz P. Mechanical influence in bone remodelling // *J. Biomech.* - 1972. - Vol. 5. - P. 173-180.
53. Dalen N., Olsson K.E. Bone mineral content and physical activity // *Acta Orthop. Scand.* - 1974. - Vol. 45. - P. 170-174.
54. The effect of long-distance running upon appendicular bone mineral content / J.A. Williams, J. Wagner, R. Washnich, L. Heilbrum // *Med. Sci. Sport Exerc.* - 1984. - Vol. 16. - P. 223-227.
55. Skeletal mass and body composition in marathon runners / J.F. Aloia, S.H. Cohn, T. Babu et al. // *Metabolism.* - 1978. - Vol. 27. - P. 1793-1796.
56. Hetland M.L., Haarbo J., Christiansen C. Low bone mass and high bone turnover in male long distance runners // *J. Clin. Endocrin. Metab.* - 1993. - Vol. 77. - P. 770-775.
57. Physical activity and bone density / H.J. Montoye, J.F. McCabe, H.L. Metzner, S.H. Garn // *Human Biology.* - 1976. - Vol. 48. - P. 599-610.
58. 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. - P. 61-63.
59. Bone density in women: college athletes and older athletic women / P.C. Jacobson, W. Beewer, S.A. Grub, T.N. Taft // *J. Orthop. Res.* - 1984. - Vol. 2. - P. 328-332.
60. Nilsson B.E., Westlin N.E. Bone density in athletes // *Clin. Orthop.* - 1971. - N 77. - P. 179-182.
61. Nilsson B.E., Westlin N.E. Restoration of bone mass after fracture of lower limb in children // *Acta Orthop. Scand.* - 1971. - Vol. 42. - P. 78-81.
62. Bone mineral content in ballet dancers and weight lifters / B.E. Nilson, St.M. Anderson, T.U. Havdrup, N.E. Westlin // *Proc. fourth Int. Conf. on bone mineral measurement. NiH Publication N 80.* - 1980. - P. 81-86.
63. X-ray bone densitometer / R.Z. Clarke, D. Johnson, M.E. Kind, M.W. White // *Proc. fourth Int. Conf. on bone measurement, NIH Publ. No 80.* - 1980. - P. 329-342.
64. Bone mass in lifetime tennis athlety / A.L. Huddleston, D. Rockwell, D.N. Kulund, R.B. Harrison // *J. Am. Med. Ass.* - 1980. - Vol. 244. - P. 1107-1109.
65. Franke I., Runge H. Остеопороз. - М.: Медицина, 1995. - 304 с.
66. Smith E.L. The effects of physical activity on bone loss in the aged // *Intr. Conf. on Bone Mineral Measurement.* - 1973. - P. 397-405.
67. Mazess R.B. Bone density reports questioned // *J. Orthop. Res.* - 1986. - Vol. 4, N 2. - P. 250-251.
68. Effect of prolonged bed rest on bone mineral / C.L. Donaldson, S.B. Hulley, J.M. Vogel et al. // *Metabolism.* - 1970. - Vol. 19. - P. 1071-1093.

Рукопись поступила 26.09.02.