

## НЕМЕДИКАМЕНТОЗНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ ОСТЕОПОРОЗА

**Евстигнеева Л.П.**

ГБУЗ Свердловской области «Свердловская областная клиническая больница №1» (ГБУЗ СО «СОКБ №1»);  
620102, г. Екатеринбург, ул. Волгоградская, 185, Российская Федерация

Физическая активность и физические упражнения играют значимую роль в профилактике и лечении остеопороза. Клинические исследования демонстрируют эффективность физических упражнений, что проявляется в небольшом приросте минеральной плотности костной ткани и снижении риска падений. У пациентов с переломами позвонков физические упражнения повышают качество жизни, улучшают осанку и подвижность. Эффект физических упражнений различается в зависимости от типа упражнений и от исследуемой популяции. Для лиц с остеопорозом целесообразно комбинировать аэробные нагрузки с силовыми упражнениями и упражнениями, направленными на тренировку равновесия. В целях безопасности их следует вводить постепенно. При переломах позвонков дополнительно могут применяться ортезы и физиотерапевтические методы лечения.

**Ключевые слова:** остеопороз, физические упражнения, минеральная плотность костной ткани, падения, физиолечение, ортезы.

### NON-MEDICAMENTAL METHODS OF OSTEOPOROSIS TREATMENT

**Evstigneeva L.P.**

Sverdlovsk Regional Clinical Hospital No.1; 185 Volgogradskaya ul., Yekaterinburg, 620102, Russian Federation

Physical activity and exercises play an important role in the prevention and treatment of osteoporosis. Clinical studies demonstrated the effectiveness of exercises manifesting themselves in small increase of bone mineral density and reduction of the risk of falls. In patients with vertebral fractures, the exercises improve the quality of life, posture, and mobility. The exercise effect depends on the type of exercises and on the study population. For patients with osteoporosis, it is reasonable to combine aerobic exercises with resistance training and exercises aimed at training of balance. In order to avoid adverse events, exercises should be started gradually. Patients with vertebral fractures may additionally undergo orthoses and physiotherapy.

**Key words:** osteoporosis, physical exercises, bone mineral density, fractures, falls, physical therapy, orthosis.

Остеопороз – системное заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы в единице объема и нарушением микроархитектоники костной ткани, что приводит к повышению хрупкости костей и высокому риску их переломов.

Последствиями переломов при остеопорозе являются инвалидизация, снижение качества жизни и повышенная смертность [1, 2]. Остеопороз в России, как и во всем мире, представляет собой одну из важнейших проблем здравоохранения, актуальность которой высока, особенно с учетом того, что в последние десятилетия частота заболевания постоянно растет. По данным статистики, в России, в соответствии с критериями Всемирной организации здравоохранения, остеопороз выявлен у 33,8% женщин и 26,9% мужчин в возрасте 50 лет и старше. Еще у 43,3% женщин и 44,1% мужчин определяются признаки остеопении [3]. Среди городского населения России у 24% женщин и 13% мужчин в возрасте 50 лет и старше отмечается по крайней мере один клинически выраженный перелом [4].

Консервативное лечение остеопороза включает прием препаратов патогенетического действия

в сочетании с кальцием и витамином D. Препараты патогенетического действия направлены на нормализацию костного ремоделирования и снижение риска переломов. Немаловажное значение в профилактике и лечении остеопороза играют немедикаментозные методы лечения, в первую очередь – физические упражнения. Недостаток физической активности – одна из причин многих хронических болезней и состояний, включая остеопороз [5].

### МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА КОСТЬ

С того момента, когда механическая нагрузка начинает действовать на костный матрикс, возникающий в нем механический сигнал передается остеоцитам и трансформируется в биохимические сигналы на уровне клетки. Формирование и ремоделирование кости под действием механических сил описаны законом Вольфа, согласно которому, механическая нагрузка на кость в результате мышечного растяжения или давления предотвращает уменьшение костной массы. И наоборот, снижение нагрузочно-несущей функции скелета в отсутствие

давления на кость или ее растяжения мышцами приводит к развитию остеопороза [6]. В экспериментальных работах показано, что остециты, находящиеся в минерализованном костном матриксе, реагируют на смещение межклеточной жидкости, возникающей при механическом сигнале, и передают его остеобластам посредством межклеточных взаимодействий через сигнальные пути, вызывая пролиферацию остеобластов и быстрое повышение щелочной фосфатазы (маркера костеобразования) [7].

В клинических исследованиях продемонстрировано снижение продукции остеocytes склеростина (антагониста активности морфогенетических белков, индуцирующих дифференцировку предшественников остеобластов в остеобласты) у физически активных женщин, что в конечном счете ведет к повышению костеобразования [8]. Так, женщины, выполнявшие физические нагрузки более 120 минут в неделю, имели уровень сывороточного склеростина на 36,8% ниже, чем ведущие малоподвижный образ жизни [9]. Помимо этого, мышцы дают механический стимул костной ткани и могут влиять на костный метаболизм через увеличение секреции инсулиноподобного фактора роста-1 (ИФР-1), стимулирующего остеогенез [10]. У физически активных женщин по сравнению с женщинами, ведущими малоподвижный образ жизни, выявлен более высокий уровень ИФР-1 [9]. Возможно также системное влияние физической нагрузки на кость, например, через стимуляцию гормона роста [6] и снижение апоптоза остеocytes [11]. Клинические данные подтверждают преимущественно локальное действие нагрузки на нагружаемую кость. Так, исследование костной плотности у атлетов, выполняющих физические нагрузки, связанные главным образом с бегом и прыжками, выявило наиболее высокие показатели минеральной плотности костной ткани (МПКТ) нагружаемых участков тела [12]. Популяционное ретроспективное исследование М. Callréus и соавт., включавшее измерение МПКТ у 1061 женщины в возрасте 25 лет, показало, что интенсивные и регулярные физические упражнения у молодых женщин повышают МПКТ в позвоночнике и бедре, но наибольшую пользу приносят прыжки и вращение на диске: МПКТ бедра повышается на 6,4-8,5% [13]. В проспективном исследовании S.J. Allison и соавт. выявлено повышение МПКТ шей-

ки бедра в нагружаемой ноге в большей степени, чем в ненагружаемой [14].

## ВИДЫ УПРАЖНЕНИЙ ПРИ ОСТЕОПОРОЗЕ

При остеопорозе используются три вида упражнений: аэробные, силовые и упражнения на тренировку равновесия, а также их комбинации.

*Аэробные упражнения* – это упражнения, при которых кислород является основным источником энергии для поддержания мышечной двигательной активности. Как правило, это упражнения легкой или умеренной интенсивности, при которых энергия вырабатывается в основном за счет аэробного метаболизма. Их можно выполнять в течение длительного периода времени. К числу аэробных упражнений относят ходьбу или походы, бег, бег на месте, прыжки, плавание, коньки, подъем по ступенькам, греблю, катание на лыжах, танцы, аэробику. Эти упражнения полезны для тренировки сердечно-сосудистой и дыхательной систем, скелетных мышц, улучшения психического состояния, выносливости и сохранения здоровья в целом. В приросте МПКТ бедра доказан эффект упражнений, выполняемых в движении с нагрузкой весом тела и интенсивностью выше среднего (например, прыжки и бег), а в приросте МПКТ позвоночника – упражнений меньшей интенсивности (например, гимнастика Тай-Чи или ходьба) [15]. Исследование, проведенное у атлетов, выявило наибольшие показатели МПКТ у лиц, занимающихся бегом на короткие дистанции (100 м) и прыжками, по сравнению с бегунами на длинные дистанции [12].

*Силовые (резистивные) упражнения* выполняются через сопротивление и направлены на тренировку определенных групп мышц. Сопротивление может оказываться различным внешним силам: при использовании эластичных лент, тренажеров, при поднятии плеч и грудной клетки над полом в положении лежа на животе (сопротивление силе гравитации) или при поднятии дополнительного груза (гантели) и пр. Подтверждено влияние силовых упражнений на увеличение мышечной силы [16, 17] и улучшение некоторых функциональных показателей: скорости ходьбы, времени вставания со стула [16]. Силовые упражнения способствуют приросту МПКТ в позвоночнике [18] и замедлению потери МПКТ в бедре [19].

**Евстигнеева Людмила Петровна** – канд. мед. наук, зав. ревматологическим отделением ГБУЗ СО «СОКБ №1».

**Для корреспонденции:** Евстигнеева Людмила Петровна – 620102, г. Екатеринбург, ул. Волгоградская, 185, Российская Федерация. Тел.: +7 (922) 204 97 85. E-mail: levstigneyeva@mail.ru

**Evstigneeva Lyudmila Petrovna** – PhD, Executive of Rheumatology Department, Sverdlovsk Regional Clinical Hospital No.1.

**Correspondence to:** Evstigneeva Lyudmila Petrovna – 185 Volgogradskaya ul., Yekaterinburg, 620102, Russian Federation. Tel.: +7 (922) 204 97 85. E-mail: levstigneyeva@mail.ru

Упражнения на тренировку равновесия направлены на тренировку вестибулярного аппарата, чувства равновесия и координации движений. Они условно делятся на упражнения, выполняемые в статической позе (в положении стоя на одной ноге, в положении «носок к пятке», только на пятках или только на носках), с перемещением центра тяжести в положении стоя (например, перекаат с пятки на носки и обратно), и упражнения, выполняемые в движении (ходьба на пятках, ходьба на носках, танцевальная ходьба «пятка к носку», выполнение шагов, описывающих восьмерку на плоскости пола). Более сложными считаются упражнения, при которых надо сохранять равновесие во время движения в разных направлениях (танцы, Тай-Чи). Эффективность упражнений данной группы в снижении риска падений убедительно доказана во многих исследованиях и подтверждена в систематических обзорах [20, 21].

Несмотря на разделение упражнений на подгруппы, многие из них в зависимости от темпа выполнения и прилагаемой нагрузки могут быть отнесены одновременно к нескольким типам. Так, гимнастика Тай-Чи – это и упражнения на равновесие, и аэробные упражнения. Многие исследователи оценивают эффективность не отдельных упражнений, а их комбинации.

### **ВЛИЯНИЕ УПРАЖНЕНИЙ НА МПКТ У ЖЕНЩИН В ПОСТМЕНОПАУЗЕ**

В систематическом обзоре Т.Е. Howe и соавт., включившем 43 рандомизированных контролируемых исследования (суммарно 4320 человек), показан статистически значимый прирост МПКТ в позвоночнике и бедре при выполнении комбинированных упражнений. При этом наибольший прирост наблюдался в позвоночнике – на 3,22% больше, чем в контроле (95% доверительный интервал (ДИ) 1,80-4,64) [15]. Прирост МПКТ бедра в основной группе был на 1,03% больше по сравнению с контролем при выполнении силовых упражнений для нижних конечностей (95% ДИ 0,24-1,82). Эффект упражнений зависел от типа упражнений. Так, упражнения высокой интенсивности с нагрузкой весом тела вели к повышению общего показателя МПКТ проксимального отдела бедренной кости (total hip) на 1,5%; упражнения с нагрузкой весом тела низкой интенсивности (ходьба, Тай-Чи) увеличивали МПКТ в позвоночнике на 0,87%, но не влияли на МПКТ бедра; силовые упражнения вели к повышению МПКТ и в позвоночнике (+0,86%), и в бедре (+1,03%). Многокомпонентные программы в большей степени увеличивали МПКТ в позвоночнике (+3%) и в меньшей степени – в бедре (+0,5%) [15].

В систематическом обзоре G.A. Kelley и соавт. выявлено увеличение МПКТ при выполнении комбинированных упражнений (аэробные упражнения с нагрузкой весом тела, силовые упражнения) [22]. Метаанализ исследований показал, что в несколько большей степени увеличение МПКТ наблюдалось в бедре: стандартизованный размер эффекта составил 0,288 г/см<sup>2</sup> (95% ДИ 0,102-0,474, p=0,002). В позвоночнике данный показатель составлял 0,179 г/см<sup>2</sup> (95% ДИ -0,003-0,361; p=0,05). Авторы обзора связали несколько больший прирост в бедре по сравнению с позвоночником включением в метаанализ исследований с упражнениями, более специфичными для бедра. Для оценки клинической значимости полученных результатов исследователи рассчитали снижение двадцатилетнего относительного риска переломов любой локализации: оно составило 10-11% [22].

### **ВЛИЯНИЕ УПРАЖНЕНИЙ НА МПКТ У МУЖЧИН**

Метаанализ немногочисленных исследований у мужчин в возрасте от 41 до 79 лет показал статистически значимый прирост МПКТ в шейке бедра – 0,583 г/см<sup>2</sup> (95% ДИ 0,031-1,135; p=0,04) и тенденцию к повышению МПКТ в позвоночнике: прирост составил 0,190 г/см<sup>2</sup> (95% ДИ -0,036; 0,416; p=0,10) [23].

Интересными представляются результаты исследования S.J. Allison и соавт., в ходе которого условно здоровые пожилые мужчины ежедневно в течение 12 месяцев выполняли прыжки на одной ноге, при этом на протяжении всего исследования данные по второй ноге служили в качестве контрольных. Был выявлен прирост МПКТ проксимального отдела бедра тренированной ноги (+0,7, +0,9 и +1,2%) по сравнению с контрольной ногой (-0,9, -0,4 и -1,2; p<0,05), улучшилась геометрия кости в виде достоверного прироста ширины шейки бедра тренированной ноги [14].

### **ВЛИЯНИЕ УПРАЖНЕНИЙ НА РИСК ПЕРЕЛОМОВ**

Организовать исследование и доказать снижение риска переломов на фоне выполнения физических упражнений довольно сложно. Тем не менее к настоящему времени опубликованы результаты двух исследований, в которых снижение риска переломов являлось конечной целью. Одно из них проводилось у женщин с постменопаузальным остеопорозом при программе упражнений продолжительностью 12 лет с включением высокоинтенсивных аэробных и силовых упражнений. Было показано статистически незначимое снижение риска переломов на 0,32 (95% ДИ 0,08-1,05; p=0,074) [24]. Другое проспективное исследование выявило

уменьшение риска переломов позвонков в 2,7 раза через 8 лет после окончания двухлетней программы упражнений, направленных на тренировку разгибателей спины у женщин в постменопаузе [25].

### **НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УПРАЖНЕНИЙ**

В ряде исследований описаны нежелательные явления при выполнении упражнений. Так, у лиц с остеопоротическими переломами позвонков нежелательные явления различного характера – от мышечной боли до перелома ребер – встречались в 8,1% [26]. Наиболее часто у лиц с остеопорозом регистрировались такие побочные эффекты, как мышечная боль, кардиоваскулярные реакции и падения [15, 27, 28, 29]. Выявлено также увеличение риска переломов позвонков у женщин с постменопаузальным остеопорозом при выполнении упражнений, включающих сгибание, по сравнению с упражнениями, направленными на разгибание позвоночника [30]. Описаны случаи переломов позвонков у женщин с остеопенией, не имевших ранее переломов при выполнении упражнений йоги со сгибанием в позвоночнике [31], и случаи переломов у женщин с остеопорозом при выполнении упражнений с вращением позвоночника [29].

С учетом полученных данных о риске падений и переломов у лиц с остеопорозом аэробные упражнения с нагрузкой весом тела рекомендованы с определенными ограничениями и обязательно в комбинации с силовыми упражнениями и упражнениями, направленными на тренировку равновесия. Для тех пациентов, которые раньше не занимались силовыми упражнениями или вели сидячий образ жизни, рекомендовано начинать с упражнений меньшей интенсивности и меньшей нагрузки. Следует избегать упражнений, во время которых выполняются сгибание и скручивание позвоночника, особенно у пациентов с переломами позвонков [32].

### **ВЛИЯНИЕ УПРАЖНЕНИЙ НА СНИЖЕНИЕ РИСКА ПАДЕНИЙ**

Снижение с возрастом мышечной силы и остеопороз сопровождаются нарушением равновесия [33, 34, 35, 36]. Эффективность упражнений на сохранение равновесия и снижение риска падений была доказана во многих исследованиях и подтверждена в систематических обзорах. В обзоре L.D. Gillespie и соавт., куда вошло 159 исследований, посвященных оценке эффективности любых вмешательств, направленных на снижение риска падений, в числе других вмешательств оценивались и программы физических упражнений [20]. Их эффективность зависела от их типа и исследуемой популяции: показано уменьшение риска падений при выполнении

многокомпонентных программ на групповых занятиях (относительный риск (ОР) 0,85; 95% ДИ 0,76-0,96) и упражнений, выполняемых в домашних условиях (ОР 0,78; 95% ДИ 0,64-0,94), а также при Тай-Чи (ОР 0,71; 95% ДИ 0,57-0,87). Эти вмешательства оказались более эффективными у лиц с высоким риском падений. В систематическом обзоре С. Sherrington и соавт. анализ данных 54 исследований показал, что упражнения на тренировку равновесия, включающие ходьбу, уменьшают риск падений на 16% (ОР 0,84; 95% ДИ 0,77-0,91) [21]. Эффективность была выше у лиц, выполнявших более динамичные упражнения (ОР 0,62; 95% ДИ 0,54-0,74). По результатам обзора сделан вывод о том, что для снижения риска падений такие упражнения следует выполнять по крайней мере 2 часа в неделю на постоянной основе, так как при прекращении выполнения их эффект нивелируется.

Еще в одном обзоре отмечено улучшение показателей тестов, отражающих равновесие, при выполнении упражнений, направленных на его тренировку (94 исследования, 9917 участников) [37]. Эффект зависел от конкретных программ упражнений: статистически значимое улучшение показателей тестов, характеризующих равновесие, было получено при выполнении упражнений с тренировкой равновесия и координации как в статике, так и при движении, в том числе при Тай-Чи и танцах. В этом метаанализе также продемонстрирована эффективность силовых упражнений для улучшения показателей, отражающих риск падений: на 4,3 с уменьшилось время теста «Встань и иди» (при выполнении данного теста следует встать со стула, пройти 3 м, вернуться назад и сесть на стул) (95% ДИ -7,60; -1,00), на 1,64 с увеличилось время стояния на одной ноге с закрытыми глазами (95% ДИ 0,97-2,31) и на 25% возросла скорость ходьбы (95% ДИ 0,05-0,46). Другие упражнения, такие как ходьба, езда на велосипеде, упражнения на вибрационной платформе и упражнения, включающие компьютеризированные тренировки баланса, оказались менее эффективными [37].

### **ВЛИЯНИЕ УПРАЖНЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ И СКОРОСТЬ ХОДЬБЫ У ЛИЦ С ОСТЕОПОРОТИЧЕСКИМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНКОВ**

Качество жизни изучалось в исследованиях у пациентов с остеопоротическими переломами позвонков с помощью соответствующих опросников. Улучшение показателей по всем доменам опросника качества жизни QUALEFFO-41 (Quality of life questionnaire of the European Foundation for Osteoporosis-41) наблюдалось после выполнения упражнений в течение 12 месяцев [38]. В ряде работ улучшение

качества жизни отмечено только в части доменов [29, 39, 40].

В исследованиях, где оценивался тест «Встань и иди», получены неоднородные результаты: в двух работах межгрупповых различий выявлено не было [39, 40], в двух других работах в основной группе отмечено улучшение по сравнению с контролем, однако проведенный метаанализ показал, что оно было небольшим – 1,13 с [41, 42]. Изучалась также скорость ходьбы при прохождении 20 м [41]. Выявлено небольшое, но статистически значимое улучшение в основной группе, выразившееся в виде сокращения времени преодоления данной дистанции на 2 с, по сравнению с контролем.

### УЛУЧШЕНИЕ ОСАНКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УПРАЖНЕНИЙ

Усиленный грудной кифоз является независимым фактором риска последующих переломов [43]. Отмечено небольшое улучшение осанки у пациентов с остеопорозом и грудным кифозом при выполнении упражнений, направленных на укрепление мышц разгибателей спины [39, 41, 44, 45, 46, 47].

### ОРТЕЗЫ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ПОЗВОНКОВ

Уменьшение боли при переломах позвонков является первостепенной задачей. Для ее решения могут использоваться ортезы, которые стабилизируют позвоночник, улучшают его биомеханику, предотвращают сгибание, уменьшают нагрузку на передние отделы тел позвонков, снижают интенсивность боли путем уменьшения сгибательной позы, помогают поддержать осанку при мышечной слабости [48, 49, 50]. Ранее ряд авторов помимо пользы отмечали отрицательные свойства ортезов, в частности, развитие слабости мышц спины при длительном ношении корсета [49, 51]. Однако последние исследования, направленные на оценку современных ортезов, не подтвердили эти данные. Более того, в рандомизированных клинических исследованиях показано, что ортез Spinomed увеличивает мышечную силу, способствуя работе мышц разгибателей спины по механизму обратной связи, улучшает осанку, уменьшает боль, уменьшает ограничения в повседневной жизни, улучшает самочувствие [52]. Ношение ортеза Osteomed также приводит к улучшению осанки, уменьшению боли, улучшению походки [53]. Разработчики ортеза связывают эти эффекты с особенностями его конструкции: в ортез с внутренней стороны паравертебрально вшиты ремни в виде камер, наполненных воздухом. При непроизвольном сгибании происходит стимуляция рецепторов, передаваемая на мышцы, с ответным

сокращением мышц, разгибающих позвоночник, что ведет к выпрямлению осанки.

### ФИЗИОЛЕЧЕНИЕ ПРИ ОСТЕОПОРОЗЕ

Пациенты с переломами позвонков часто испытывают хроническую боль в спине. Боль и иммобилизация могут нарушать сон и вызывать фибромиалгия-подобный миофасциальный синдром [49]. При хронической боли в спине могут помочь чрескожная электронейростимуляция, холод или тепло [49]. Опубликованы результаты рандомизированных клинических исследований по оценке эффективности аппаратных физиотерапевтических методов лечения у пациентов с хронической болью в спине и множественными переломами позвонков. При использовании интерферентной и горизонтальной терапии выявлено уменьшение боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) и улучшение качества жизни [54], а при сравнении двух видов электростимуляции – уменьшение боли по ВАШ, улучшение качества жизни по QUALEFFO-41 и снижение потребности в обезболивающих препаратах [55]. В российском рандомизированном клиническом исследовании по оценке динамической электронейростимуляции показано уменьшение боли, улучшение качества жизни в доменах «боль», «повседневная активность», «подвижность» по опроснику QUALEFFO-41 у пациентов основной группы по сравнению с исходными показателями и снижение потребности в приеме обезболивающих препаратов [56].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физическая активность играет большую роль в поддержании опорно-двигательного аппарата и здоровья в целом. Клинические исследования демонстрируют эффективность физических упражнений, что выражается в небольшом увеличении МПКТ и снижении риска падений. Эффект физических упражнений зависит от типа упражнений и от исследуемой популяции. Для лиц с остеопорозом целесообразно комбинировать аэробные нагрузки с силовыми упражнениями и упражнениями, направленными на тренировку равновесия. Для повышения безопасности упражнений их следует вводить постепенно. При переломах позвонков дополнительно могут применяться ортезы и физиотерапевтические методы лечения.

### Литература

1. Bliuc D, Nguyen ND, Milch VE, Nguyen TV, Eisman JA, Center JR. Mortality risk associated with low-trauma osteoporotic fracture and subsequent fracture in men and women. *JAMA*. 2009;301(5):513-21.
2. Papaioannou A, Kennedy CC, Ioannidis G, Sawka A, Hopman WM, Pickard L, Brown JP, Josse RG, Kaiser S, Anastassi-

- ades T, Goltzman D, Papadimitropoulos M, Tenenhouse A, Prior JC, Olszynski WP, Adachi JD; CaMos Study Group. The impact of incident fractures on health-related quality of life: 5 years of data from the Canadian Multicentre Osteoporosis Study. *Osteoporos Int.* 2009;20(5):703-14.
3. Михайлов ЕЕ, Беневоленская ЛИ. Эпидемиология остеопороза и переломов. В: Беневоленская ЛИ, ред. Руководство по остеопорозу. М.: БИНОМ; 2003. с. 10-53. (Mikhaylov EE, Benevolenskaya LI. Epidemiology of osteoporosis and fractures. In: Benevolenskaya LI, editor. Osteoporosis handbook. Moscow: BINOM; 2003. p. 10-53. Russian).
  4. Михайлов ЕЕ, Беневоленская ЛИ, Баркова ТВ. Эпидемиологическая характеристика переломов конечностей в популяционной выборке лиц 50 лет и старше. Остеопороз и остеопатии. 1998;(2):2-6. (Mikhaylov EE, Benevolenskaya LI, Barikova TV. [Epidemiological characteristic of extremities fractures in population excerpts of persons of 50 and elder]. *Osteoporoz i osteopatii.* 1998;(2):2-6. Russian).
  5. Booth FW, Roberts CK, Laye MJ. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Compr Physiol.* 2012;2(2):1143-211.
  6. Риггз БЛ, Мелтон III ЛДж. Остеопороз. Пер. с англ. М. – СПб.: БИНОМ – Невский диалект; 2000. (Riggs BL, Melton LJ. Osteoporosis: etiology, diagnosis, and management. Moscow – Saint Petersburg: BINOM – Nevskiy dialekt; 2000. Russian).
  7. Taylor AF, Saunders MM, Shingle DL, Cimbala JM, Zhou Z, Donahue HJ. Mechanically stimulated osteocytes regulate osteoblastic activity via gap junctions. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2007;292(1):C545-52.
  8. Cheung AM, Giangregorio L. Mechanical stimuli and bone health: what is the evidence? *Curr Opin Rheumatol.* 2012;24(5):561-6.
  9. Ardawi MS, Rouzi AA, Qari MH. Physical activity in relation to serum sclerostin, insulin-like growth factor-1, and bone turnover markers in healthy premenopausal women: a cross-sectional and a longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012;97(10):3691-9.
  10. Cooper C, Dere W, Evans W, Kanis JA, Rizzoli R, Sayer AA, Sieber CC, Kaufman JM, Abellan van Kan G, Boonen S, Adachi J, Mitlak B, Tsouderos Y, Rolland Y, Reginster JY. Frailty and sarcopenia: definitions and outcome parameters. *Osteoporos Int.* 2012;23(7):1839-48.
  11. Rochefort GY, Pallu S, Benhamou CL. Osteocyte: the unrecognized side of bone tissue. *Osteoporos Int.* 2010;21(9):1457-69.
  12. Gast U, Belavý DL, Armbrrecht G, Kusy K, Lexy H, Rawer R, Rittweger J, Winwood K, Zieliński J, Felsenberg D. Bone density and neuromuscular function in older competitive athletes depend on running distance. *Osteoporos Int.* 2013;24(7):2033-42.
  13. Callréus M, McGuigan F, Ringsberg K, Akesson K. Self-reported recreational exercise combining regularity and impact is necessary to maximize bone mineral density in young adult women: a population-based study of 1,061 women 25 years of age. *Osteoporos Int.* 2012;23(10):2517-26.
  14. Allison SJ, Folland JP, Rennie WJ, Summers GD, Brooke-Wavell K. High impact exercise increased femoral neck bone mineral density in older men: a randomised unilateral intervention. *Bone.* 2013;53(2):321-8.
  15. Howe TE, Shea B, Dawson LJ, Downie F, Murray A, Ross C, Harbour RT, Caldwell LM, Creed G. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;(7):CD000333.
  16. Latham N, Anderson C, Bennett D, Stretton C. Progressive resistance strength training for physical disability in older people. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003;(2):CD002759.
  17. Hongo M, Itoi E, Sinaki M, Miyakoshi N, Shimada Y, Maekawa S, Okada K, Mizutani Y. Effect of low-intensity back exercise on quality of life and back extensor strength in patients with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Osteoporos Int.* 2007;18(10):1389-95.
  18. Bonaiuti D, Shea B, Iovine R, Negrini S, Robinson V, Kemper HC, Wells G, Tugwell P, Cranney A. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev.* 2002;(3):CD000333.
  19. Stengel SV, Kemmler W, Pintag R, Beeskow C, Weineck J, Lauber D, Kalender WA, Engelke K. Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. *J Appl Physiol* (1985). 2005;99(1):181-8.
  20. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Lamb SE, Gates S, Cumming RG, Rowe BH. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;(2):CD007146.
  21. Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N, Close JC, Lord SR. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *N S W Public Health Bull.* 2011;22(3-4):78-83.
  22. Kelley GA, Kelley KS, Kohrt WM. Effects of ground and joint reaction force exercise on lumbar spine and femoral neck bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13:177.
  23. Kelley GA, Kelley KS, Kohrt WM. Exercise and bone mineral density in men: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Bone.* 2013;53(1):103-11.
  24. Kemmler W, von Stengel S, Bebenek M, Engelke K, Hentschke C, Kalender WA. Exercise and fractures in postmenopausal women: 12-year results of the Erlangen Fitness and Osteoporosis Prevention Study (EFOPS). *Osteoporos Int.* 2012;23(4):1267-76.
  25. Sinaki M, Itoi E, Wahner HW, Wollan P, Gelzcer R, Mullan BP, Collins DA, Hodgson SF. Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: a prospective 10 year follow-up of postmenopausal women. *Bone.* 2002;30(6):836-41.
  26. Dusdal K, Grundmanis J, Luttin K, Ritchie P, Rompre C, Sidhu R, Harris SR. Effects of therapeutic exercise for persons with osteoporotic vertebral fractures: a systematic review. *Osteoporos Int.* 2011;22(3):755-69.
  27. Giangregorio LM, Macintyre NJ, Thabane L, Skidmore CJ, Papaioannou A. Exercise for improving outcomes after osteoporotic vertebral fracture. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;1:CD008618.
  28. Liu CJ, Latham N. Adverse events reported in progressive resistance strength training trials in older adults: 2 sides of a coin. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(9):1471-3.
  29. Gold DT, Shipp KM, Pieper CF, Duncan PW, Martinez S, Lyles KW. Group treatment improves trunk strength and psychological status in older women with vertebral fractures: results of a randomized, clinical trial. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(9):1471-8.
  30. Sinaki M, Mikkelsen BA. Postmenopausal spinal osteoporosis: flexion versus extension exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 1984;65(10):593-6.
  31. Sinaki M. Yoga spinal flexion positions and vertebral compression fracture in osteopenia or osteoporosis of spine: case series. *Pain Pract.* 2013;13(1):68-75.
  32. Giangregorio LM, MacIntyre NJ, Heinonen A, Cheung AM, Wark JD, Shipp K, McGill S, Ashe MC, Laprade J, Jain R, Keller H, Papaioannou A. Too Fit To Fracture: a consensus on future research priorities in osteoporosis and exercise. *Osteoporos Int.* 2014;25(5):1465-72.
  33. Fujita T, Nakamura S, Ohue M, Fujii Y, Miyauchi A, Takagi Y, Tsugeno H. Effect of age on body sway assessed by computerized posturography. *J Bone Miner Metab.* 2005;23(2):152-6.
  34. Abreu DC, Trevisan DC, Costa GC, Vasconcelos FM, Gomes MM, Carneiro AA. The association between osteoporosis and static balance in elderly women. *Osteoporos Int.* 2010;21(9):1487-91.

35. Burke TN, França FJ, Meneses SR, Cardoso VI, Pereira RM, Danilevicius CF, Marques AP. Postural control among elderly women with and without osteoporosis: is there a difference? *Sao Paulo Med J*. 2010;128(4):219-24.
36. Da Silva RB, Costa-Paiva L, Morais SS, Mezzalira R, Ferreira Nde O, Pinto-Neto AM. Predictors of falls in women with and without osteoporosis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(9):582-8.
37. Howe TE, Rochester L, Neil F, Skelton DA, Ballinger C. Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011;(11):CD004963.
38. Евстигнеева ЛП, Кожемякина ЕВ, Негодаева ЕВ, Гусельникова ГА, Белкин АА, Викулова ДН, Белкин НБ, Лесняк ОМ. Эффективность физических упражнений у лиц с остеопоротическими переломами позвонков. *Научно-практическая ревматология*. 2014;(1):49-55. [Evstigneeva LP, Kozhemyakina EV, Negodaeva EV, Gusel'nikova GA, Belkin AA, Vikulova DN, Belkin NB, Lesnyak OM. Efficiency of physical exercises in patients with osteoporotic vertebral fractures. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya*. 2014;(1):49-55. Russian].
39. Bennell KL, Matthews B, Greig A, Briggs A, Kelly A, Sherburn M, Larsen J, Wark J. Effects of an exercise and manual therapy program on physical impairments, function and quality-of-life in people with osteoporotic vertebral fracture: a randomised, single-blind controlled pilot trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010;11:36.
40. Papaioannou A, Adachi JD, Winegard K, Ferko N, Parkinson W, Cook RJ, Webber C, McCartney N. Efficacy of home-based exercise for improving quality of life among elderly women with symptomatic osteoporosis-related vertebral fractures. *Osteoporos Int*. 2003;14(8):677-82.
41. Bergland A, Thorsen H, Kåresen R. Effect of exercise on mobility, balance, and health-related quality of life in osteoporotic women with a history of vertebral fracture: a randomized, controlled trial. *Osteoporos Int*. 2011;22(6):1863-71.
42. Yang L, He C, Lei Z, Xie W, Lan Q. Effect of pain-free exercises on female osteoporosis patients with spinal compressive fracture. *J Clin Rehab Tis Eng Res*. 2007;11:9108-11.
43. Nguyen ND, Eisman JA, Center JR, Nguyen TV. Risk factors for fracture in nonosteoporotic men and women. *J Clin Endocrinol Metab*. 2007;92(3):955-62.
44. Smith AA, Summers GD, Baxendale A, Butterly RJ. A randomized controlled trial of the effects of weight-bearing exercise and resistance training on risk factors for fracture in women with osteoporosis. In: Ring EFJ, Elvins DM, Bhalla AK, editors. *Current research in osteoporosis and bone mineral measurement*. London: British Institute of Radiology; 1998. p. 128.
45. Pawlowsky SB, Hamel KA, Katzman WB. Stability of kyphosis, strength, and physical performance gains 1 year after a group exercise program in community-dwelling hyperkyphotic older women. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(2):358-61.
46. Bergström I, Bergström K, Grahn Kronhed AC, Brinck J, Karlsson S. Back extensor training increases muscle strength in postmenopausal women with osteoporosis, kyphosis and vertebral fractures. *Adv Physiother*. 2011;13(3):110-7.
47. Bautmans I, Van Arken J, Van Mackelenberg M, Mets T. Rehabilitation using manual mobilization for thoracic kyphosis in elderly postmenopausal patients with osteoporosis. *J Rehabil Med*. 2010;42(2):129-35.
48. Prather H, Watson JO, Gilula LA. Nonoperative management of osteoporotic vertebral compression fractures. *Injury*. 2007;38 Suppl 3:S40-8.
49. Bukata SV, Digiovanni BF, Friedman SM, Hoyer H, Kates A, Kates SL, Mears SC, Mendelson DA, Serna FH Jr, Sieber FE, Tyler WK. A guide to improving the care of patients with fragility fractures. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2011;2(1):5-37.
50. Mazanec DJ, Podichetty VK, Mompot A, Potnis A. Vertebral compression fractures: manage aggressively to prevent sequelae. *Cleve Clin J Med*. 2003;70(2):147-56.
51. Francis RM, Baillie SP, Chuck AJ, Crook PR, Dunn N, Fordham JN, Kelly C, Rodgers A. Acute and long-term management of patients with vertebral fractures. *QJM*. 2004;97(2):63-74.
52. Pfeifer M, Kohlwey L, Begerow B, Minne HW. Effects of two newly developed spinal orthoses on trunk muscle strength, posture, and quality-of-life in women with postmenopausal osteoporosis: a randomized trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2011;90(10):805-15.
53. Schmidt K, Hübscher M, Vogt L, Klinkmüller U, Hildebrandt HD, Fink M, Banzer W. Influence of spinal orthosis on gait and physical functioning in women with postmenopausal osteoporosis. *Orthopade*. 2012;41(3):200-5.
54. Zambito A, Bianchini D, Gatti D, Rossini M, Adami S, Viapiana O. Interferential and horizontal therapies in chronic low back pain due to multiple vertebral fractures: a randomized, double blind, clinical study. *Osteoporos Int*. 2007;18(11):1541-5.
55. Rossini M, Viapiana O, Gatti D, de Terlizzi F, Adami S. Capacitively coupled electric field for pain relief in patients with vertebral fractures and chronic pain. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(3):735-40.
56. Евстигнеева ЛП, Полянская ТП. Опыт применения динамической электростимуляции в лечении пациентов с переломами позвонков на фоне остеопороза. *Вестник восстановительной медицины*. 2009;(3):37-41. (Evstigneeva LP, Polyanskaya TP. [Experience of using dynamic electro-neurostimulation in therapy of patients with osteoporotic vertebral fractures]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*. 2009;(3):37-41. Russian).