

Профилактическое металлоармирование проксимального отдела бедренной кости у лиц пожилого возраста при системном остеопорозе. Экспериментальное исследование

А.Л.Матвеев¹, В.Э.Дубров², Б.Ш.Минасов³,
Т.Б.Минасов³, А.В.Нехожин⁴

¹Центральная городская больница,
Новокуйбышевск

²Факультет фундаментальной медицины МГУ
имени М.В.Ломоносова, Москва,

³Башкирский Государственный медицинский
университет, Уфа

⁴Самарский Государственный технический
университет, Самара

Работа посвящена экспериментальному исследованию профилактического армирования проксимального отдела бедренной кости у лиц старшего возраста, страдающих различными заболеваниями, вызывающих деструктивно-дистрофические изменения в костной ткани и являющихся причиной патологических переломов. Разработаны методика профилактического армирования и конструкции оригинальных имплантатов для ее проведения, на которые получены патенты Российской Федерации. Проведенные математическое моделирование и стендовые испытания прочности армированной системы кость-имплантат доказывают повышение прочности проксимального отдела бедренной кости на 23–93% и при возникновении низкоэнергетической травмы снижают вероятность перелома.

Ключевые слова: проксимальный отдел бедренной кости, профилактическое армирование, имплантаты, математическое моделирование.

Preventative Metal Reinforcement of the Proximal Femur in Elderly Patients with Systemic Osteoporosis. An Experimental Study

A.L.Matveev¹, V.E.Dubrov², B.Sh.Minasov³,
T.B.Minasov³, A.V.Nehozhin⁴

¹Central City Hospital, Novokuibyshevsk

²Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov
Moscow State University, Moscow

³Bashkir State Medical University, Ufa
⁴Samara State Technical University, Samara

The work is dedicated to the experimental study of the preventive reinforcement of the proximal femur in elderly patients suffering from various diseases that cause destructive-dystrophic changes in the bone and are the cause of pathological fractures. A technique of preventive reinforcement and construction of the original implants for its implementation were developed and received patents of the Russian Federation. The mathematical modeling and testing the strength of a reinforced bone-implant system prove to increase the strength of the proximal femur on the 23–93% and low-energy trauma occurs when the probability of fracture is reduced.

Key words: proximal femur, prophylactic, reinforcement, implants, mathematical modeling.

Введение

Актуальность. Демографические процессы, происходящие в современном обществе, приводят к росту дегенеративно-дистрофических заболеваний опорно-двигательной системы и являются актуальной социальной проблемой во всех развитых государствах [9]. Лечение и профилактика больных старшей возрастной группы с повреждением проксимального отдела бедренной кости (ПОВБ) остается до конца нерешенной проблемой отечественной травматологии в виду отсутствия единой концепции лечения, которая обусловлена нарастающим количеством пациентов с этой патологией и необходимостью их продолжительной реабилитации [1, 5, 6]. Переломы этой локализации относятся к патологическим переломам, так как являются следствием структурной несостоятельности кости и составляют 60–65% всех переломов нижней конечности, из них 35–40% – это вертельные переломы; 71–85% таких переломов происходит в пожилом и старческом возрасте [2, 19]. Наиболее частыми причинами снижения прочности кости являются остеопороз и значительно реже опухоли, сопровождающиеся дистрофическими и диспластическими процессами в костях [3, 22, 25].

В группу потенциального риска остеопоротических переломов в России входит около 34 млн человек, в то время как в США – 44 млн человек, причем, согласно прогнозу Международного Фонда остеопороза, во всем мире более 2 млн человек в год получают травмы, сопровождающиеся переломом ПОВБ, к 2050 г. ожидается увеличение числа таких пациентов до 6 млн 260 тыс ежегодно [7, 19]. В России ежегодно такую травму получают 100–150 человек на 100 тыс населения, но выявлена тенденция роста частоты переломов этой локализации. Так, например, в Самарской области рост составил со 104 случаев в 2006 г. до 270 случаев в 2012 г. на 100 тыс населения, а в республике Саха (Якутия) за период 1995–2010 гг. – с 102,4 до 309,9 на 100 тыс населения [4, 5]. Причиной переломов ПОВБ у лиц пожилого возраста, как правило, является удар в области большого вертела вследствие падения с высоты собственного роста [24]. Виртуальная силовая нагрузка интактной кости здорового взрослого человека, при которой происходит ее разрушение, соответствует усредненной реальной нагрузке $F=7800$ Н [15]. У пожилых лиц, страдающих остеопорозом средние величины нагрузок, вызывавших перелом ПОВБ, составляют 2100–3500 Н [22].

Рис. 1. Имплантаты для армирования

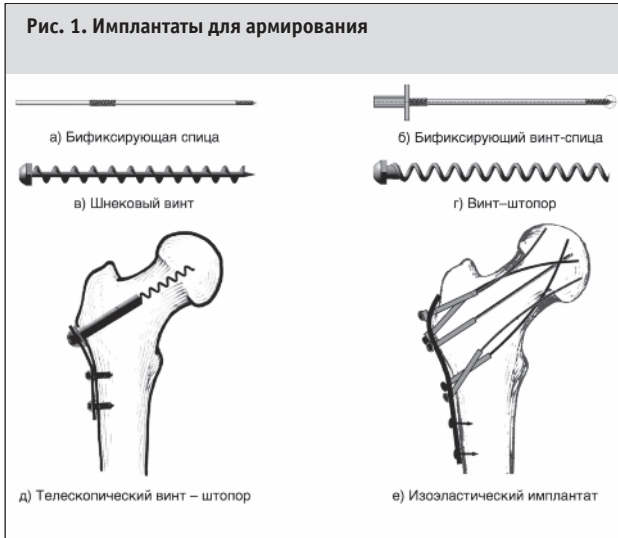


Рис. 2. Геометрия кости (а), крайние условия (б)

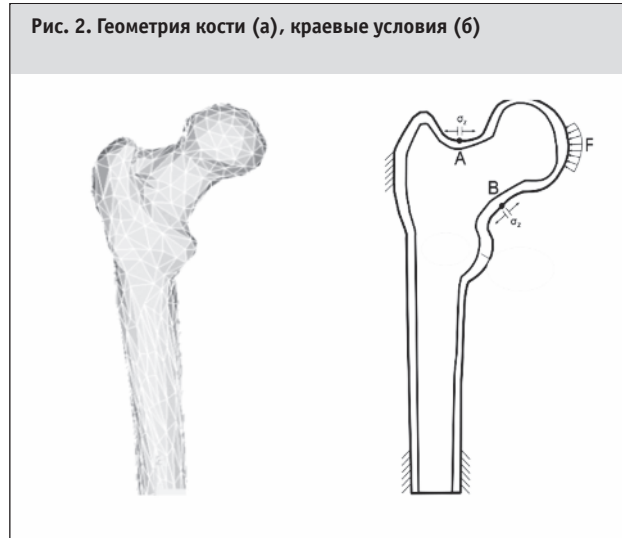
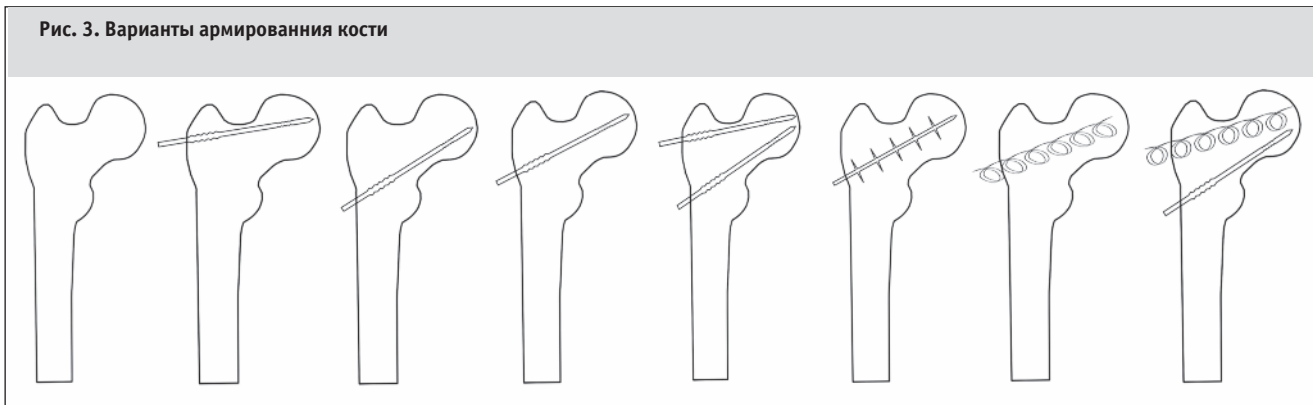


Рис. 3. Варианты армирования кости



Математическое моделирование переломов шейки бедренной кости с использованием модели ПОБК, состоящей из кортикального и губчатого слоев оценивается путем лазерного сканирования [18, 21]. Это позволило доказать, что разрушение кости, начинается в определенных в точках, в которых при одинаковом уровне напряжения растяжение является более опасным, чем сжатие [18, 22]. Переломы ПОБК у пожилых пациентов ведут к гипостатическим функциональным нарушениям, «обвальному» синдрому декомпенсации состояния и росту высокой летальности (41–67%) [2, 6, 16, 17]. Свершившийся перелом ПОБК удваивает риск контрлатерального вертельного перелома [19, 20].

Попытки уменьшить вероятность перелома путем медикаментозной терапии, пассивного поглощения энергии подушками-амортизаторами в области большого вертела, специальными напольными покрытиями, поглощающими энергию падений, использованием методик ЛФК, не позволили до настоящего времени решить эту проблему [5, 23].

Цель исследования: обосновать методику хирургической профилактики переломов (ПОБК), разработать оригинальные конструкции имплантатов для профилактического армирования ПОБК, оценить их достоинства и недостатки, провести математическое моделирование и стендовые испытания функционирования системы кость–имплантат.

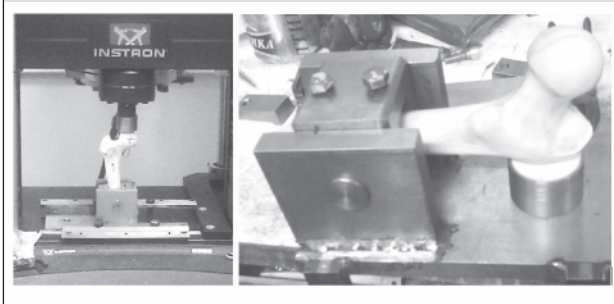
Материал и методы

Для предупреждения патологических переломов ПОБК был разработан способ хирургической профилактики повреждения кости [8] и оригинальные конструкции имплантатов для его осуществления. Конструкция имплантата «бификсирующая спица» [11] представляет собой спицу с двойной

проточкой и двумя участками резьбы с одинаковым шагом для фиксации ее в головке бедренной кости и наружном кортикальном слое ПОБК в точке введения. Армирование с применением этой конструкции предполагает использование от одной до трех спиц. Для предотвращения миграции имплантата, конец спицы загибают и скручивают (рис. 1а). Помимо этого, была разработана модернизированная конструкция «бификсирующей спицы» [12] с головкой под гексагональный торцевой ключ. Преимущество этого фиксатора заключается в том, что после завершения введения имплантата его наружный конец не травмирует и остается в мягких тканях, что облегчает, при необходимости, его удаление (рис. 1б). Имплантат «шнековый винт» [10] представляет собой шнек с центральным валом и спирально закрученной резьбовой частью. Винт заканчивается головкой со шлицем под гексагональную отвертку (рис. 1в). Имплантат «винт-штопор» [9] представляет собой устройство, состоящее из трехмиллиметровой спицы из упругого пружинящего металла, закрученной в виде спирали со сферической головкой и шлицем под гексагональную отвертку (рис. 1г). Конструкция имплантата «телескопический винт-штопор» [13] представляет собой устройство, состоящее из телескопического винта, имеющего рабочую часть в виде спирали, удлиненную шейку под телескопическую трубку-направитель, и диафизарной пластины с отверстиями под монокортикальные винты. (рис. 1д). Конструкция изозластического имплантата [14] представляет собой устройство, состоящее из изогнутых спиц из упругого пружинящего металла, трубчатых направителей и диафизарной пластины с отверстиями под монокортикальные винты (рис. 1е).

Имплантат	Точка А (краниальная)		Точка В (каудальная)	
	σ_z , Па	$\Delta\sigma_z$, %	σ_z , Па	$\Delta\sigma_z$, %
Интактная кость	$1,64 \times 10^8$	–	$6,57 \times 10^7$	–
Спица вверх	$1,49 \times 10^8$	10,1	$6,39 \times 10^7$	2,8
Спица вниз	$1,66 \times 10^8$	-1,2	$6,10 \times 10^7$	7,7
Спица + спица	$1,47 \times 10^8$	11,6	$5,86 \times 10^7$	12,1
Спица посередине	$1,60 \times 10^8$	2,5	$6,49 \times 10^7$	1,2
Шнек	$1,64 \times 10^8$	0,0	$6,47 \times 10^7$	1,5
Штопор	$1,66 \times 10^8$	-1,2	$6,32 \times 10^7$	4,0
Штопор и спица	$1,69 \times 10^8$	-3,2	$5,96 \times 10^7$	10,2
Спица + спица снаружи	$0,91 \times 10^8$	80,2	$2,90 \times 10^7$	126,6

Рис. 4. Дозированная нагрузка на универсальном динамометре INSTRON 5982



Для изучения прочности системы кость–имплантат по сравнению с интактной костью было проведено математическое моделирование с использованием модели ПОБК, состоящей из кортикального и губчатого слоев, параметры которых были оценены путем лазерного сканирования (рис. 2а). Исследование напряжения проводили путем виртуального приложения силы F на головку бедренной кости в точках А и В, в которых начинается разрушение кости, предполагая, что введение имплантатов ближе к этим точкам позволит увеличить показатель напряжения и, как следствие, повысить прочность системы кость–имплантат. Максимальное значение компоненты напряжения были обнаружены на оси σ_z (рис. 2б).

Благодаря вспомогательному программному комплексу в кость были виртуально «введены» имплантаты как по отдельности, так и в различных сочетаниях. С целью изучения прочности ПОБК до и после ее армирования оригинальными имплантатами были проведены стендовые испытания. Введение имплантатов проводили вдоль оси шейки бедренной кости ближе к краниальному и каудальному краю кортикального слоя под углом $127\text{--}130^\circ$ к оси диафиза бедренной кости (рис. 3).

Исследуемые системы подвергали дозированной нагрузке до полного разрушения системы имплантат–кость на универсальном динамометре INSTRON 5982 с силой, направленной на головку бедренной кости вдоль оси диафиза или перпендикулярно оси диафиза бедренной кости с силой, направленной на область большого вертела (рис. 4).

Варианты исследуемых образцов бедренной кости с различными имплантатами и комбинациями их введения, а также при вертикальной нагрузке вдоль оси диафиза на головку бедренной кости после введения имплантатов и доведенных до перелома после нагрузки показаны на рис. 5.

Проведены испытания при деформации системы кость–имплантат вследствие приложения усилия в виде компрессии на головку бедренной кости при горизонтальном положении диафизарной части

Рис. 5. Дозированная вертикальная нагрузка вдоль оси конечности бедренной кости

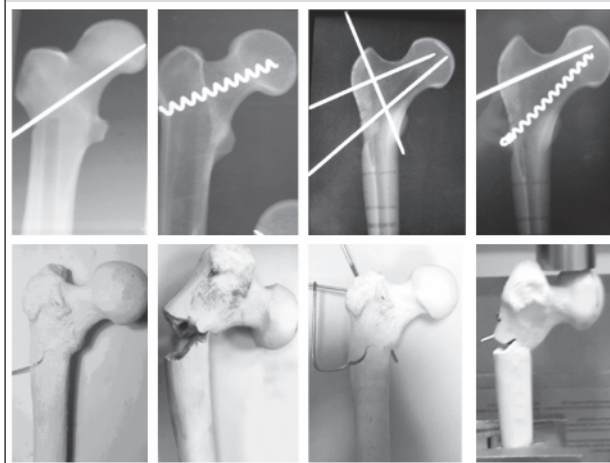
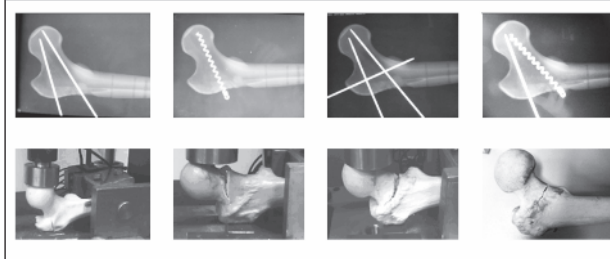


Рис. 6. Результаты дозированной горизонтальной нагрузки на большой вертел бедренной кости



бедренной кости – имитация падения на область большого вертела (рис. 6).

Для подтверждения достоверности результатов экспериментальных исследований – метода профилактического армирования проксимального отдела бедренной кости (ПОБК), были рассмотрены различные критерии статистической обработки данных. Учитывая небольшое количество наблюдений и исследуемого материала (трупные кости и биоманекены, используемые имплантаты) рассматривали такие непараметрические методы статистического анализа, как КЗ – критерий знаков, Т – парный критерий Вилкоксона, Q – критерий Розенбаума, серийный критерий r Вальда–Вольфовица, ТМФ – точный метод Фишера. Любой из перечисленных критериев вполне достоверно подтверждает результаты наших исследований. Выбрали следующие: серийный критерий r Вальда–Вольфовица, Q – критерий Розенбаума, Т – парный критерий Вилкоксона и ТМФ – точный метод Фишера, при применении которых результаты исследований при $p \leq 0,05$ являются статистически значимыми.

Таблица 2. Испытания при вертикальной нагрузке на головку по оси бедренной кости

Системы	Количество опытных образцов	Максимальная нагрузка, кг	Продолжительность пластической деформации, с	Время структурной деформации, с	Увеличение прочности до разрушения кости, %
Интактная кость	5	137,2±15	346±5	361±5	100,0
Спица	6	168,4±15*	362±5*	386±5*	122,7
3 спицы	8	192,7±15*	391±5*	463±5*	140,1
Штопор	7	214,1±15*	198±5*	561±5*	156,1
Штопор + спица	6	236,8±15*	243±5*	532±5*	172,6

* $p \leq 0,05$ – статистическая значимость различий группы систем кость-имплантат и группы сравнения (интактная кость).

Таблица 3. Испытания при горизонтальной нагрузке на большой вертел бедренной кости

Системы/Кость/ Кость-имплантат	Количество опытных образцов	Максимальная нагрузка, кг	Продолжительность пластической деформации, с	Время структурной деформации, с	Увеличение прочности до разрушения кости, %
Интактная кость	5	221,3±15	231±5	331±5	100,0
Спица	6	282,8±15*	336±5*	385±5*	127,9
3 спицы	8	337,2±15*	359±5*	410±5*	152,6
Штопор	7	345,5±15*	361±5*	390±5*	156,1
Штопор + спица	6	428,6±15*	361±5*	338±5*	193,0

* $p \leq 0,05$ – статистическая значимость различий группы систем кость-имплантат и группы сравнения (интактная кость).

Результаты и обсуждение

Математическое моделирование показывает, что напряжение внутри кости существенно ниже, чем на ее поверхности. При нагрузке этот показатель вдоль центральной оси шейки практически стремится к нулю, тогда как в краниальной и каудальной частях шейки бедренной кости возрастает и обуславливает развитие перелома в критических точках (А, В). При этом направление линии перелома развивается от периферии внутрь, где возникают максимальные напряжения. При армировании ПОБК оригинальные имплантаты должны быть расположены ближе к кортикальному слою и дальше от центральной оси шейки бедренной кости. При этом напряжение увеличивается в наиболее опасных местах костной ткани за счет частичного перераспределения внешней деформирующей нагрузки в элемент армирования на 11,6–12,1%. Результаты численного эксперимента моделирования напряжения для компоненты σ_z представлены в табл. 1.

Результаты стендовых испытаний свидетельствуют о преимуществах армирующих систем с использованием винтов, либо систем винт-спица. Разрушение кости в зоне растяжения происходит монортикально, не приводя к формированию дальнейшего смещения отломков.

При вертикальной нагрузке на головку вдоль оси диафиза бедренной кости прочность армированной шейки увеличивалась с 22,7 до 72,6% в зависимости от комбинации вводимых имплантатов (табл. 2).

Результаты испытаний устойчивости армированных систем вследствие приложения усилия компрессии на головку бедренной кости при горизонтальном положении ее диафизарной части – имитация падения на область большого вертела, продемонстрировали преимущества систем с наибольшей площадью контакта (винт-штопор), при этом, отмечено увеличение сопротивляемости нагрузкам с 27 до 93% (табл. 3).

Разработанные конструкции оригинальных имплантатов имеют малые размеры, обеспечивают минимальную потерю костной массы при введении в кость, сохраняют физиологическую способность ПОБК к амортизации при нагрузках и после введения имплантата. Все изученные варианты армирования увеличивают прочность системы кость-им-

плантат как при вертикальной нагрузке с компрессией на головку бедренной кости по оси диафиза, так и перпендикулярно оси диафиза на область большого вертела бедренной кости с 23 до 93%.

Внедрение в клиническую практику методики профилактического армирования ПОБК при различных дегенеративно-дистрофических процессах может привести к снижению частоты переломов при низкоэнергетической травме, что доказывается результатами наших исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Исследователи несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Литература

- Ахтямов И.Ф., Гатина Э.Б., Фазуллин Р.Р., Ключкин С.И., Гильмутдинов И.Ш., Шигаев Е.С. Особенности в подходах к лечению травмы проксимального отдела бедра в специализированной клинике. Научно-практическая конференция травматологов-ортопедов с международным участием, посвященная 50-летию клиники травматологии и ортопедии МОНКИ им. М.Ф.Владимирского. М.: 2012; 12–14. / Ahtjamov I.F., Gatina Je.B., Fazullin R.R., Kljushkin S.I., Gil'mutdinov I.Sh., Shigaev E.S. Osobennosti v podhodah k lecheniju travmy proksimal'nogo otdela bedra v specializirovannoj klinike. Nauchno-prakticheskaja konferencija travmatologov-ortopedov s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennaja 50-letiju kliniki travmatologii i ortopedii MONIKI im.M.F.Vladimirskogo. M.: 2012; 12–14. [in Russian]
- Загородний Н.В., Митбрейт И.М., Цыпин И.С., Семенистый А.Ю., Голубенко Г.Н., Шумилов Б.А., Спесивцев И.В. Опыт лечения больных с переломами проксимального отдела бедренной кости. Сб. научных трудов к 60-летию ГКБ. №13. Актуальные вопросы практической медицины. М.: ПГМУ, 2000; 363–365. / Zagorodnij N.V., Mitbrejt I.M., Cypin I.S., Semenistyj A.Ju., Golubenko G.N., Shumilov B.A., Spesivcev I.V. Opyt lechenija bol'nyh s perelomami proksimal'nogo otdela bedrennoj kosti. Sb. nauchnyh trudov k 60-letiju GKB. №13. Aktual'nye voprosy prakticheskoy mediciny. – M.: RGMU, 2000; 363–365. [in Russian]
- Зоря В.И., Злобина Ю.С. Патологические переломы костей конечностей метастатического происхождения. Травматология и ортопедия России. 1; 47: М.: 2008; 27–34. / Zorja V.I., Zlobina Ju.S. Patologicheskie perelomy kostej konechnostej metastatic-

- heskogo proishozhdeniya. *Travmatologija i ortopedija Rossii*. 1; 47: М.: 2008; 27–34. [in Russian]
4. Комиссаров А.Н., Пальшин Г.А. Патоморфоз переломов проксимального отдела бедренной кости, связанных с остеопорозом за период наблюдения 1995-2012 гг. Материалы II Съезда травматологов-ортопедов Дальневосточного Федерального округа, посвященного 60-летию травматологической службы республики Саха (Якутия). *Травматология, ортопедия Севера и Дальнего востока: высокие технологии и инновации*. Якутск, 2012; 129–130. / Komissarov A.N., Pal'shin G.A. Patomorfoz pere-lomov proksimal'nogo otdela bedrennoj kosti, svjazannyh s osteoporozom za period nabljudenija 1995-2012 gg. Materialy II S#ezda travmatologov-ortopedov Dal'nevostochnogo Federal'nogo okru-ga, posvjashhennogo 60-letiju travmatologicheskoy sluzhby res-publiki Saha (Jakutija). *Travmatologija, ortopedija Severa i Dal'ne-go vostoka: vysokie tehnologii i innovacii*. Jakutsk, 2012; 129–130. [in Russian]
 5. Котельников Г.П., Булгакова С.В., Шафиева И.А. Оценка эффективности комплекса мероприятий для профилактики переломов – маркеров остеопороза у женщин пожилого возраста. V Конференция с международным участием «Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии». ФБГУ ЦНИИТО им. Н.Н.Приорова, М.: 2012; 72–73. / Kotel'nikov G.P., Bulgakova S.V., Shafieva I.A. Ocenka jeffektivnosti kompleksa meroprijatij dlja profilaktiki perelomov – markerov osteoporozu u zhenshhin pozhi-лого возраста. V Konferencija s mezhdunarodnym uchastiem «Problema osteoporozu v travmatologii i ortopedii». FBGU CNIITO im. N.N.Priorova, M.: 2012; 72–73. [in Russian]
 6. Лазарев А.Ф., Солод Э.И. Оперативное лечение переломов проксимального отдела бедренной кости. Материалы VIII съезда травматологов-ортопедов Узбекистана. Актуальные вопросы травматологии и ортопедии. Ташкент, 2012; 153–154. / Lazarev A.F., Solod Je.I. Operativnoe lechenie perelomov proksi-mal'nogo otdela bedrennoj kosti. Materialy VIII s#ezda travmatolo-gov-ortopedov Uzbekistana “Aktual'nye voprosy travmatologii i or-topedii. Tashkent, 2012; 153–154. [in Russian]
 7. Лесняк О.М. Остеопороз. Диагностика, профилактика и лечение: клинические рекомендации // Под ред. О.М.Лесняк, Л.И.Беневоленской. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012; 269. / Lesnjak O.M. Osteoporoz. Diagnostika, profilaktika i lechenie: klinicheskie rekomendacii // Pod red. O.M.Lesnjak, L.I.Benevolenskoj. M.: GjeOTAR-Media, 2012; 269. [in Russian]
 8. Матвеев А.Л. Оперативный способ профилактики переломов шейки бедренной кости. Патент РФ на изобретение № 2316280, 2008. / Matveev A.L. Operativnyj sposob profilaktiki pe-relomov shejki bedrennoj kosti. Patent RF na izobretenie № 2316280, 2008. [in Russian]
 9. Матвеев А.Л., Нехожин А.В. Устройство для армирования шейки бедренной кости и превентивной профилактики переломов. Патент РФ на полезную модель № 98901, 2010. / Matveev A.L., Nehozhin A.V. Ustrojstvo dlja armirovanija shejki bedrennoj kosti i preventivnoj profilaktiki perelomov. Patent RF na poleznuju model' № 98901, 2010. [in Russian]
 10. Матвеев А.Л. Устройство для армирования биологического композитного материала и превентивной профилактики переломов шейки бедренной кости. Патент РФ на полезную модель № 91845, 2010. / Matveev A.L. Ustrojstvo dlja armirovanija biologicheskogo kompozitnogo materiala i preventivnoj profilaktiki perelomov shejki bedrennoj kosti. Patent RF na poleznuju model' № 91845, 2010. [in Russian]
 11. Матвеев А.Л. Устройство для армирования шейки бедренной кости и превентивной профилактики ее переломов. Патент РФ на полезную модель №101351, 2011. / Matveev A.L. Ustrojstvo dlja ar-mirovanija shejki bedrennoj kosti i preventivnoj profilaktiki ee pere-lomov. Patent RF na poleznuju model' №101351, 2011. [in Russian]
 12. Матвеев А.Л., Нехожин А.В., Минасов Т.Б., Фролов А.В. Устройство для армирования кости и профилактики переломов ее при остеопорозе. Патент РФ на полезную модель № 121725, опубликовано 10.11.2012. / Matveev A.L., Nehozhin A.V., Minasov T.B., Frolov A.V. Ustrojstvo dlja armirovanija kosti i profilaktiki pere-lomov ee pri osteoporozе. Patent RF na poleznuju model' № 121725, opublikovano 10.11.2012. [in Russian]
 13. Матвеев А.Л., Дубров В.Э., Нехожин А.В., Минасов Т.Б., Степанов О.Н. Устройство для профилактического армирования и предупреждения переломов проксимального отдела бедра. Патент РФ на полезную модель № 136703, 2014. / Matveev A.L., Dubrov V.E., Nehozhin A.V., Minasov T.B., Stepanov O.N. Ustrojstvo dlja profilakticheskogo armirovanija i preduprezhdenija perelomov proksimal'nogo otdela bedra. Patent RF na poleznuju model' № 136703, 2014. [in Russian]
 14. Матвеев А.Л., Дубров В.Э., Нехожин А.В., Минасов Т.Б., Степанов О.Н. Устройство для профилактического армирования и предупреждения переломов проксимального отдела бедра. Патент РФ на полезную модель №140684, 2014 г. / Matveev A.L., Dubrov V.E., Nehozhin A.V., Minasov T.B., Stepanov O.N. Ustrojstvo dlja profilakticheskogo armirovanija i preduprezhdenija perelomov proksimal'nogo otdela bedra. Patent RF na poleznuju model' № 140684, 2014. [in Russian]
 15. Минасов Б.Ш., Минасов Т.Б. Матвеев А.Л., Нехожин А.В. Механические системы кость–имплантат в условиях профилактического армирования проксимального отдела бедра с использованием наноструктурированных материалов. Материалы V конференции с международным участием «Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии», ЦИТО им. Н.Н.Приорова, Москва, 2012; 79–80. / Minasov B.Sh., Minasov T.B. Matveev A.L., Nehozhin A.V. Mehanicheskie sistemy kost'-implantat v uslo-vijah profilakticheskogo armirovanija proksimal'nogo otdela bedra s ispol'zovaniem nanostrukturirovannyh materialov. Materialy V konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Problema osteoporozu v travmatologii i ortopedii», CITO im. N.N.Priorova, Moskva, 2012; 79–80. [in Russian]
 16. Миронов С.П. Организационные аспекты проблемы остеопороза в травматологии и ортопедии. V Конференция с международным участием «Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии». ФБГУ ЦНИИТО им. Н.Н.Приорова, Москва, 2012; 1–2. / Mironov S.P. Organizacionnye aspekty problemy osteoporozu v travmatologii i ortopedii. V Konferencija s mezhdunarodnym uchastiem «Problema osteoporozu v travmatologii i ortopedii». FBGU CNIITO im. N.N.Priorova, Moskva, 2012; 1–2. [in Russian]
 17. Поворознюк В.В., Мешталер Т.Р., Мешталер Р.Т. Показатели рентгенденситометрии у женщин в постменопаузальном периоде с остеопоротическими переломами. V Конференция с международным участием «Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии». ФБГУ ЦНИИТО им. Н.Н.Приорова, 2012; 40–41. / Povoroznjuk V.V., Meshtaler T.R., Meshtaler R.T. Pokazateli rentgendensitometrii u zhenshhin v postmenopauzal'nom periode s osteoporoticheskimi perelomami. V Konferencija s mezhdunarodnym uchastiem «Problema osteoporozu v travmatologii i ortopedii». FBGU CNIITO im. N.N.Priorova, 2012; 40–41. [in Russian]
 18. Рогожников Г.И., Колюхова С.Г., Няшин Ю.И., Чернопазов С.А., Еремина С.В. Влияние модуля упругости губчатой и кортикальной кости на напряженное состояние в области пластинчатого имплантата при окклюзионной нагрузке. Российский журнал биомеханики. 2004; 1: 8: 54–60. / Rogozhnikov G.I., Konjuhova S.G., Njashin Ju.I., Chernopazov S.A., Eremina S.V. Vli-janie modulja uprugosti gubchatoj i kortikal'noj kosti na naprjaz-hennoe sostojanie v oblasti plastinchatogo implantata pri okklju-zionnoj nagruzke. Rossijskij zhurnal biomehaniki. 2004; 1: 8: 54–60. [in Russian]
 19. Родионова С.С., Колондаев А.Ф., Солод А.Ф. Комбинированное лечение переломов шейки бедренной кости на фоне остеопороза. Русский медицинский журнал. 2004; 12: 24: 117–122. / Rodionova S.S., Kolondaev A.F., Solod A.F. Kombinirovannoe lechenie perelomov shejki bedrennoj kosti na fone osteoporozu. Russkij medicinskij zhurnal. 2004; 12: 24: 117–122. [in Russian]
 20. Faucett S.C., Genuario J.W., Tosteson A.N., Koval K.J. Prophylactic fixation a cost-effective method to prevent a future contralateral fragility hip fracture? //Journal of Orthopaedic Trauma: February 2010; 24: 2: 65–74.
 21. Harlan N. Titanium Bone Implants. *Materials Technology*. 2000; 3: 15: 185–187.
 22. Holzer G., Department of Orthopaedics, Medical University of Vienna. Кортикальная кость и ее роль в обеспечении прочности

- проксимального отдела бедра. Материалы V конференции с международным участием «Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии», ЦИТО им. Н.Н.Приорова, Москва, 2012; 9–10. / Holzer G., Department of Orthopaedics, Medical University of Vienna. Kortikal'naja kost' i ee rol' v obespechenii prochnosti proksimal'nogo otdela bedra. Materialy V konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Problema osteoporoz v travmatologii i ortopedii», CIТО im. N.N.Priorova, Moskva, 2012; 9–10.
23. Riggs B.L., Melton L.J. Epidemiology of fractures. Пер. с англ. Остеопороз. Этиология, диагностика и лечение. Изд.Бином СПб.: 2000; 530. / Riggs B.L., Melton L.J. Epidemiology of fractures. Per. s angl. Osteoporoz. Jetiologija, diagnostika i lechenie. Izd.Binom SPb.: 2000; 530.
24. Robinovitch S.N., Inkster L., Maurer J., Warnick B. Strategies for avoiding hip impact during sideways falls. J Bone Miner Res. 2003; 18:1267–73.
25. Zacherl M., Gruber G., Glehr M., Ofner P., Radl R., Greithbauer M., Vecsei V., Windhager R. Surgery for pathological proximal femoral fractures, excluding femoral head and neck fractures. Resection vs. stabilization. Department of Orthopaedic Surgery, Medical University Graz, Austria. (SICOT). 2011; 35: 1537–1543.

Сведения об авторах

Матвеев Анатолий Львович – к.м.н., врач травматолог Центральная городская больница г. Новокуйбышевск

Дубров Вадим Эрикович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и специализированной хирургии ГУНУ Факультет фундаментальной медицины МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва

Минасов Булат Шамильевич – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО Башкирский государственный медицинский университет, Уфа

Минасов Тимур Булатович – к.м.н., доцент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО Башкирский государственный медицинский университет, Уфа

Нехожин Анатолий Вадимович – аспирант кафедры прикладной математики и вычислительной техники ФГБОУ ВПО Самарский государственный технический университет, Самара