

РАЗРАБОТКА ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ЛОЖНЫМИ СУСТАВАМИ ШЕЙКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

DEVELOPMENT OF HIP ENDOPROTHESIS FOR TREATING PATIENTS WITH FEMORAL NECK PSEUDARTHROSIS

Варфоломеев Д.И. Самодай В.Г.

Varfolomeev D.I. Samoday V.G.

Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Россия

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia

Переломы шейки бедренной кости и их последствия являются серьезной проблемой современной травматологии и ортопедии. Одним из эффективных методов лечения данной патологии является эндопротезирование тазобедренного сустава. Значительное укорочение конечности при ложных суставах шейки бедренной кости сопровождается техническими трудностями при выполнении операции.

Цель – для улучшения результатов эндопротезирования у больных с ложными суставами шейки бедренной кости разработать оригинальный эндопротез тазобедренного сустава.

Материалы и методы. С использованием технологий 3D моделирования на базе кафедры травматологии и ортопедии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко был разработан действующий макет эндопротеза. В имплантате имеется возможность неинвазивного изменения длины конечности и антеторсии шейки в послеоперационном периоде посредством воздействия на него внешнего магнитного поля.

Результаты. Экспериментальные исследования действующего макета эндопротеза на испытательном стенде продемонстрировали возможность изменения длины выступающей части шейки имплантата, а также ее антеторсии под воздействием магнитного поля на бедренный компонент эндопротеза в заданном направлении.

Заключение. Функциональные возможности имплантата позволяют снизить травматичность операции и, соответственно, количество осложнений операции по замене сустава.

Ключевые слова: эндопротез тазобедренного сустава; ложный сустав шейки бедренной кости; перелом шейки бедренной кости; длина конечности; антеторсия.

Femoral neck fractures and their consequences represent a serious problem of modern traumatology and orthopedics. Hip joint replacement is one of the effective methods to treat this pathology. Significant shortening of a limb in case of the femoral neck pseudarthrosis is accompanied by technical difficulties in surgery.

Objective – to develop the original hip prosthesis for improving outcomes of joint replacement in patients with femoral neck pseudarthrosis.

Materials and methods. The present model of the endoprosthesis was developed with 3d modelling at the basis of the chair of traumatology and orthopedics, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko. The implant has a possibility for non-invasive change in the length of the extremity and antetorsion of the neck by means of external magnetic field during the postsurgical period.

Results. The experimental test bench studies of the prosthesis model demonstrated the possibility to change the length of the protruding part of the implant neck, as well as to perform its antetorsion under exposure of the alternating magnetic field to the femoral component of the prosthesis.

Conclusion. The functional capabilities of the implant allow reducing the surgical injury and, accordingly, the number of complications of hip replacement surgery.

Key words: hip endoprosthesis; femoral neck pseudarthrosis; femoral neck fracture; limb length; antetorsion.

Переломы шейки бедренной кости являются серьезной проблемой современной травматологии и ортопедии. Данные травмы встречаются как в виде изолированных, так и в виде сочетанных и множественных повреждений опорно-двигательного аппарата. Переломы шейки бедренной кости и их последствия наиболее характерны для пациентов пожилого и старческого возрастов. По данным литературы, при консервативном лечении перелома шейки бедренной

кости частота развития ложного сустава составляет до 80 %, а при оперативном (остеосинтезе) – до 30-40 % [1-3].

В настоящее время разработаны различные виды эффективных реконструктивных операций при ложных суставах шейки бедренной кости: остеосинтез погружными конструкциями, в т.ч. в сочетании с костной и мышечной пластикой, остеотомии проксимального отдела бедренной кости и другие [4-6]. Однако длительные сроки сраще-

ния, наличие остеопороза у больных, анатомо-функциональные изменения поврежденного сустава не всегда позволяют выполнять данные оперативные вмешательства [7]. Частота несращений перелома и развития асептического некроза головки бедренной кости при выполнении различных видов остеосинтеза, по данным Rahan A., составляет от 10 до 20 % [8].

Эндопротезирование, по мнению многих авторов, позволяет быстро восстановить опороспособность ко-

нечности и уменьшить боль в области сустава [1, 9]. В некоторых случаях операция по замене сустава является единственно возможной, например, при асептическом некрозе головки бедренной кости, когда головка фактически разрушается.

Эндопротезирование при ложных суставах шейки бедренной кости относится к сложным случаям первичного эндопротезирования. Обусловлено это, прежде всего, значительным смещением бедренной кости в проксимальном направлении вследствие сокращения мышц, окружающих тазобедренный сустав, в случаях, когда оперативное лечение раньше не выполнялось, а также наличием большого количества рубцов в области сустава. У таких больных часто развивается сгибательно-приводящая контрактура в тазобедренном суставе, часто требующая выполнения тенотомий приводящих мышц [7].

При установке эндопротезов у пациентов с ложными суставами шейки бедренной кости требуется восстановление длины конечности и оптимальных взаимоотношений в искусственном суставе (рис. 1).

Рисунок 1

Рентгенограмма больного А. с ложным суставом шейки бедренной кости

Figure 1

X-ray image of the patient A. with femoral neck pseudarthrosis



В связи со значительным укорочением конечности восстановление ее прежней длины сопряжено с

повышенной травматизацией мягких тканей из-за необходимости расширения оперативного доступа и удаления рубцов, сформировавшихся вокруг сустава. Значительное одномоментное перерастяжение сократившихся и гипотрофированных мышц приводит к выраженным болям в области сустава после операции, а также увеличивает риск послеоперационных осложнений и снижает качество жизни пациентов. Отдельно необходимо отметить возможное тракционное повреждение седалищного нерва, требующее длительного последующего лечения.

Таким образом, при эндопротезировании у больных с ложными суставами шейки бедренной кости возникает необходимость уменьшения травматичности хирургического вмешательства и восстановления оптимальных взаимоотношений в искусственном суставе.

Цель — разработать эндопротез тазобедренного сустава для улучшения результатов эндопротезирования у больных с ложными суставами шейки бедренной кости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для снижения травматичности хирургического вмешательства, а также получения дополнительных возможностей по коррекции длины конечности и антеторсии шейки искусственного сустава был разработан оригинальный эндопротез тазобедренного сустава [10]. Для оценки его технической реализуемости и возможности практического применения на базе кафедры травматологии и ортопедии ВГМУ им. Н.Н. Бурденко был создан его действующий макет из АВС пластика с использованием технологий 3D печати (рис. 2).

Эндопротез состоит из вертлужного компонента, вкладыша, сферической головки, шейки и ножки эндопротеза. В качестве аналога для ножки эндопротеза была использована ножка «CLS Spotorno» фирмы Zimmer.

Основание шейки предложенного эндопротеза имеет форму цилиндра с внутренней резьбой и выступом снизу. В основании шейки располагается внутренняя резьба. В верхней части ножки эндопротеза име-

ется канал цилиндрической формы с пазами, в котором располагается основание шейки, причем выступ шейки размещается в одном из пазов. В нижней части канала пазы соединяются в один единый паз (рис. 3).

В средней части ножки имеется полость, расположенная вдоль оси ножки. В ней располагается редуктор. В нижней части ножки имеется аналогичная (вторая) полость, в которой располагается стержень с магнитом и зажимающей его пружиной. В свободном положении магнит зажимается пружиной в специальный паз ножки, чтобы исключить его возможное вращение. Канал ножки, обе полости соединены друг с другом посредством сквозных отверстий, причем в верхнем сквозном отверстии имеется шпилька, ввинченная в резьбу основания шейки.

Таким образом, в ножке эндопротеза содержится механизм передачи вращения от магнита (расположенного в нижней части ножки) к шпильке, расположенной в верхней части ножки, через редуктор. Общее передаточное отношение редуктора (использованного при создании макета) составляет 1 : 298, т.е. одному обороту шпильки соответствуют 298 оборотов магнита, что позволяет получить значительный выигрыш в силе, прикладываемой к шпильке, по сравнению с силой, прикладываемой к магниту. Все компоненты эндопротеза выполняются из парамагнетиков. Вертлужный компонент, вкладыш, головка представляют собой типовые элементы современных эндопротезов. Фиксация крышек полостей возможна путем механического зажима в соответствующих пазах ножки или посредством сварки. Редуктор представляет собой типовой микроредуктор, применяемый в микромоторах, состоящий из набора прямозубых зубчатых шестеренок.

Шеечно-диафизарный угол (ШДУ) эндопротеза может составлять от 125 до 135 градусов. При застарелых повреждениях шейки бедренной кости целесообразно использовать имплантаты с ШДУ 125 градусов.

В данном эндопротезе существует 3 варианта установки угла ан-

Рисунок 2

Эндопротез тазобедренного сустава (действующий макет): а) – в собранном состоянии 1 – шейка, 2 – ножка; б) и с) – в разобранном состоянии 3 – шпилька, 4 – редуктор, 5, 7 – вал, 6 – постоянный магнит, 8 – крышки, 9 – правая и левая часть ножки.

Figure 2

The hip joint endoprosthesis (the functional model): a) in the assembled condition: 1 – neck, 2 – stem; b) and c) in the disassembled condition: 3 – a pin, 4 – reducing component, 5, 7 – a roller, 6 – constant magnet, 8 – covers, 9 – right and left parts of the stem.

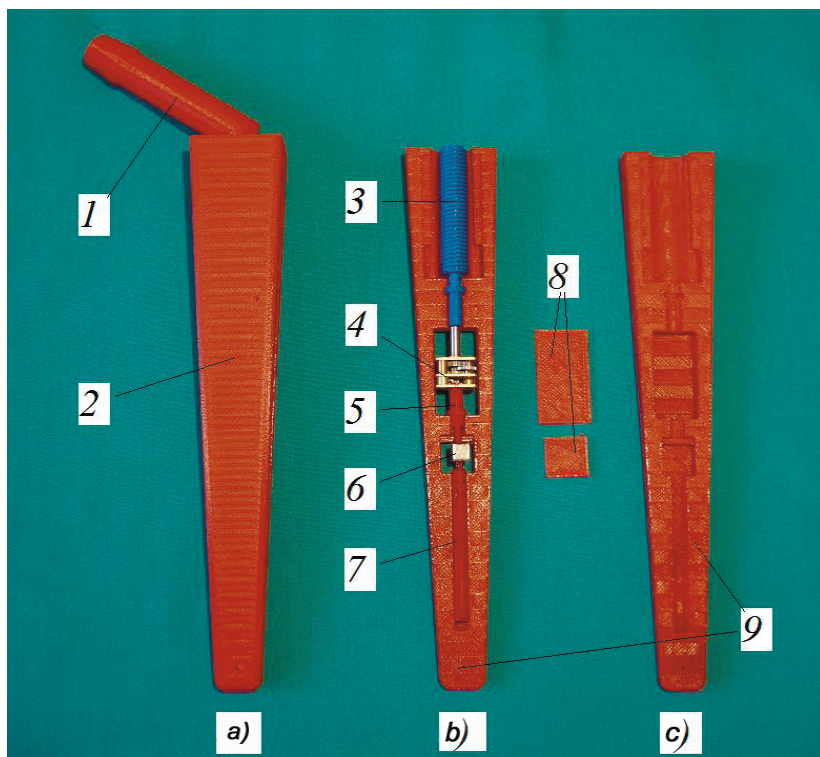


Рисунок 4

Функциональные возможности эндопротеза: а) вид спереди (возможные варианты изменения антеторсии шейки эндопротеза), б) вид сбоку (возможное изменение длины конечности).

Figure 4

Functional capabilities of the endoprosthesis: a) anterior view (possible variants of change in antetorsion of the endoprosthesis neck), b) lateral view (possible change in limb extremity).

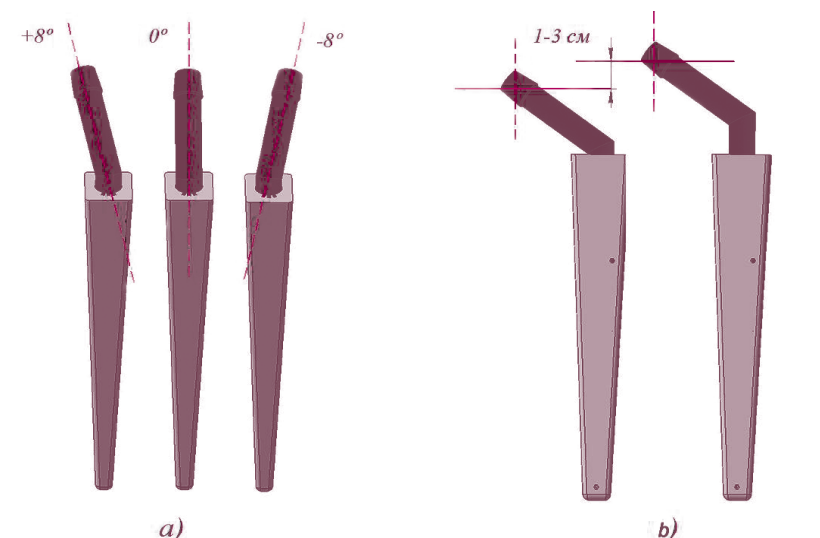
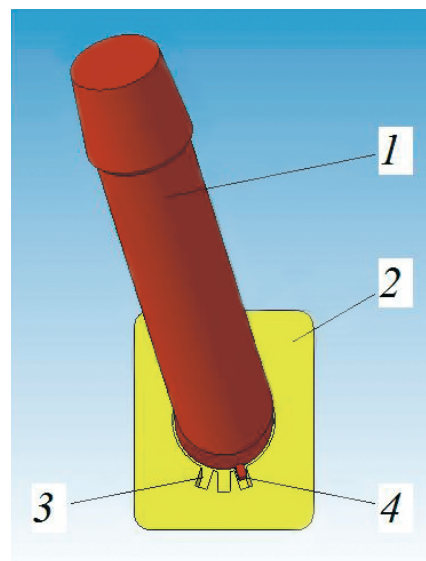


Рисунок 3

Эндопротез тазобедренного сустава, вид сверху: 1 – шейка, 2 – ножка, 3 – паз, 4 – выступ в одном из пазов.

Figure 3

Hip joint endoprosthesis, top view: 1 – neck, 2 – stem, 3 – groove, 4 – ward in a groove.



теторсии шейки бедренной кости: 0; +8°; -8°, аналогично современным эндопротезам с модульными шейками. Увеличение выдвигания шейки из ножки эндопротеза возможно на расстояние до 1-3 см. Дальнейшее выдвигание шейки нецелесообразно в связи с увеличением риска перелома металлоконструкции (рис. 3, 4).

Принцип работы предложенного эндопротеза заключается в следующем. При выполнении операции у больных с застарелыми повреждениями шейки бедренной кости, когда имеется значительное укорочение нижней конечности и проксимальный отдел бедренной кости смещен вверх, шейка эндопротеза устанавливается таким образом, чтобы длина всего бедренного компонента была минимальна. Таким образом, достигается минимальная длина выступающей части шейки и, соответственно, возможность малотравматичной установки эндопротеза в положение, при котором длина конечности увеличивается минимально. Увеличение длины конечности до ее нормальной длины производится в послеоперационном периоде.

Для коррекции длины конечности и антегорсии шейки бедренной кости в послеоперационном периоде используется магнитная система, применяемая при работе с «расширяющимися» имплантатами [11], которые используются в детской онкологии (когда есть необходимость увеличения длины конечности при росте ребенка) (рис. 5).

После операции в начальном положении выступ основания шейки располагается в едином пазу, при этом имеется возможность вращения шейки в пределах сектора, ограниченного выступающими частями ножки (рис. 2, 3, 5). Оперированная нижняя конечность пациента помещается в магнитную систему таким образом, чтобы система располагалась в средней трети бедра. Путем механического поворота ноги пациента рукой врача производится ее поворот на необходимый угол (угол антегорсии шейки). Далее проводится включение магнитной системы с последующим вращением электромагнитов вокруг нижней конечности больного. Данную манипуляцию целесообразно производить под рентгенологическим контролем для оценки степени увеличения длины конечности. При необходимости уменьшения длины конечности необходимо, чтобы магниты системы, в которой располагается нога пациента, вращались в обратном направлении.

Для проверки возможности выполнения эндопротезом заявленных функций с использованием

технологий 3D печати был изготовлен стенд с вращающимися электромагнитами (рис. 6).

Стенд состоит из основания с расположенным на нем микроэлектродвигателем и подвижной вилки, на концах которой находятся два постоянных магнита, между которыми установлена ножка эндопротеза. При вращении этих магнитов за счет их воздействия на постоянный магнит (поз. 6 на рисунке 2b), расположенный в ножке эндопротеза, происходит и его вращение, которое, соответственно, через редуктор передается на шпильку, выдвигающую (или задвигающую) шейку эндопротеза в зависимости от направления вращения магнитов.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные экспериментальные исследования продемонстрировали возможность изменения длины выступающей части шейки имплантата, а также ее антегорсии под воздействием магнитного поля на бедренный компонент эндопротеза.

Патология тазобедренного сустава, когда происходит абсолютное или относительное укорочение нижней конечности, безусловно, не ограничивается лишь ложными суставами шейки бедренной кости. В перечень подобных заболеваний входят диспластический коксартроз, болезнь Легг-Кальве-Пертеса, последствия травм тазобедренного сустава, различные дефекты прок-

симального отдела бедренной кости (при многоэтапных ревизионных вмешательствах) и многие другие.

При попытке «вытянуть ногу» во время операции часто происходит дистракционное повреждение седалищного нерва, особенно его малоберцовой порции, требующее последующего длительного лечения. Не всегда технически возможно одномоментное восстановление требуемой длины конечности. Значительное растяжение мягких тканей приводит к выраженным болям в послеоперационном периоде. При использовании разработанного эндопротеза необходимость в одномоментном восстановлении необходимой длины конечности отсутствует. Это целесообразно делать в несколько этапов, увеличивая ее, например, по 1 см в неделю или реже. Подобное удлинение конечности создаст возможность равномерно растянуть образовавшиеся

Рисунок 6

Стенд с демонстрационным образцом эндопротеза:

1 – шейка, 2 – ножка, 3 – магнит, 4 – стойка магнита, 5 – основание, 6 – электромотор; стрелками указано направление вращения магнитов

Figure 6

The test bed with the demonstrative sample of the endoprosthesis: 1 – neck, 2 – stem, 3 – magnet, 4 – magnet rack, 5 – foundation, 6 – electric motor; the arrows show the direction of magnet rotation

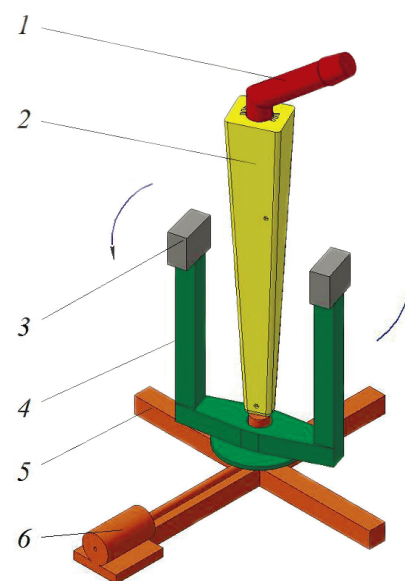
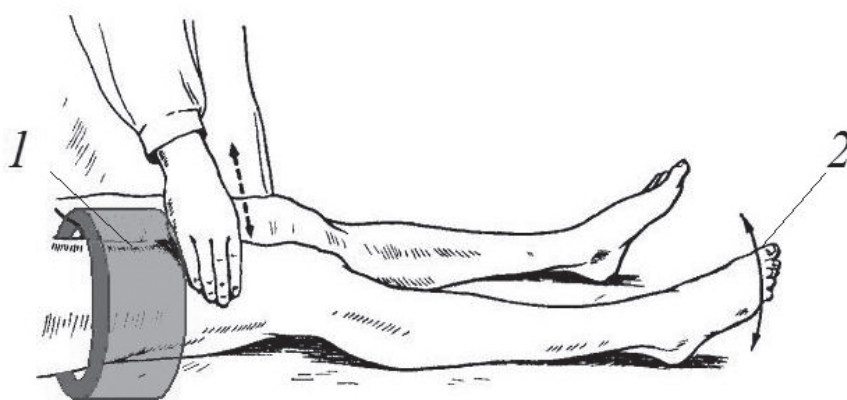
Рисунок 5

Нижняя конечность, помещенная в магнитную катушку:

1 – электромагнитная катушка, 2 – направление поворота конечности

Figure 5

The lower extremity placed into the magnet coil: 1 – electromagnetic coil, 2 – direction of rotation of the extremity



рубцы и сохранить адекватную степень натяжения мышц.

Поскольку данный эндопротез позволяет изменять антеторсию и длину конечности, он может в определенной степени корректировать в послеоперационном периоде ошибки хирурга при установке эндопротеза. Так, например, при рецидивирующих вывихах эндопротеза при избыточной антеторсии чашки можно уменьшить антеторсию шейки бедренной кости до нейтральной или до ретроторсии, тем самым неинвазивно снизив вероятность вывихов.

Таким образом, в послеоперационном периоде данный эндопротез позволяет исправить погрешности, которые могут быть допущены во время операции по замещению сустава, максимально точно восстановить центр ротации, длину

конечности, добиться максимальной амплитуды движений в суставе.

Поскольку шейка эндопротеза имеет жесткой фиксации в ножке, то в процессе эксплуатации будет происходить механический износ в месте их соединения с образованием частиц металла. В связи с этим сплавы, из которых они изготавливаются, должны быть максимально износоустойчивыми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы активно разрабатываются различные имплантаты, которые могут изменять свою форму, конфигурацию как во время операции (пластины с памятью формы), так и в послеоперационном периоде под воздействием внешних факторов, чаще всего под влиянием электромагнит-

ных полей. Использование разработанного эндопротеза, конфигурация и, соответственно, функциональные возможности которого могут неинвазивно изменяться после операции, обеспечит максимально точную установку геометрических параметров эндопротеза во время и после проведения операции и, как следствие, снижение травматичности вмешательства, количества осложнений и улучшение качества жизни пациентов после операции по замене сустава.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ezhov MY, Ezhov IYu, Kashko AK. The features of hip joint replacement in false joints of femoral neck. Medical Almanac. 2015; 3 (38): 234-237. Russian (Ежов М.Ю., Ежов И.Ю., Ежов Ю.И., Кашко А.К. Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава при ложных суставах шейки бедренной кости // Медицинский альманах. 2015. № 3 (38) С. 234-237.)
2. Reshetnikov AN, Reshetnikov NP, Kovaleva ID, Goryakin MV, Adamovich GA, Kireev SN. The features of changes in general integrative values of function of lower extremities after surgical treatment of patients with false joints of femoral neck. Herald of New Medical Technologies. 2011; 18 (3): 129-133. Russian (Решетников А.Н., Решетников Н.П., Ковалёва И.Д., Горякин М.В., Адамович Г.А., Киреев С.Н. Особенности изменений общих интегративных показателей функции нижних конечностей после оперативного лечения больных с ложными суставами шейки бедренной кости // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. XVIII, № 3. С. 129-133.)
3. Estrada LS, Volgas DA, Stannard JP, Alonso JE. Fixation failure in femoral neck fractures. ClinOrthopRelat Res. 2002; 399: 110-118
4. Pingle J. Transfracture abduction osteotomy: a solution for nonunion of femoral neck fractures. IndianJOrthop. 2014; 48: 25-29
5. Shpakovskiy MS, Kazanin KS, Basov AV, Gribanov NI, Ardashov IP, Nikitenko EV. Use of perftorane and bioactive implants with calcium-phosphate coating for surgical treatment of experimental fractures of femoral neck. Herald of New Medical Technologies. 2015; 22 (3): 73-79. Russian (Шпаковский М.С., Казанин К.С., Басов А.В., Грибанов Н.И., Ардашев И.П., Никитенко Е.В. Применение препарата «перфторан» и биоактивных имплантатов с кальцийфосфатным покрытием при хирургическом лечении переломов шейки бедренной кости в эксперименте // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 3. С. 73-79.)
6. Kopysova VA, Kaplun FV, Nysymbaev RS, Tuzovskaya TA, Dugina EN, Fedorkina DV. Reconstructive surgery for fractures and false joints of femoral neck. Herald of NSU. Series: Biology, Clinical Medicine. 2009; 7 (3): 99-103. Russian (Копысова В. А., Каплун Ф.В.,

- Нысамбаев Р.С., Тузовская Т.А., Дугина Е.Н., Федоркин Д.В. Реконструктивные операции при переломах и ложных суставах шейки бедренной кости // Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина. 2009. Т.7. № 3. С. 99-103.)
7. Azizov MZh, Usmonov FM, Stupina NV, Karimov KhM, Mirzaev ShKh. Our experience with endoprosthesis for fractures and false joints of femoral neck in patients of elderly and senile age. Orthopedics, Traumatology and Prosthetics. 2013; 1: 16-19. Russian (Азизов М.Ж., Усмонов Ф.М., Ступина Н.В., Каримов Х.М., Мирзаев Ш.Х. Наш опыт эндопротезирования при переломах и ложных суставах шейки бедренной кости у больных пожилого и старческого возраста // Ортопедия, травматология и протезирование. 2013. № 1. С. 16-19.)
 8. Roshan A, Ram S. The Neglected Femoral Neck Fracture in Young Adults: Review of a Challenging Problem. Clin Med Res. 2008; 6: 33-39
 9. Blomfeldt R., Tornkvist H., Ponzer S. et al. Comparison of internal fixation with total hip replacement for displaced femoral neck fractures. randomized, controlled trial performed at four years. J. Bone Joint Surg. Am. 2005; 87(8): 1680-1688
 10. Varfolomeev DI. Hip joint endoprosthesis. The patent of RF No. 2593224, August 10, 2015. Russian (Варфоломеев Д.И. Эндопротез тазобедренного сустава. Патент РФ на изобретение № 2593224, от 10.08.2015 г.)
 11. Gupta A, Meswania J, Pollock R, Cannon SR, Briggs TW, Taylor S, et al. Non-invasive distal femoral expandable endoprosthesis for limb-salvage surgery in paediatric tumours. The journal of bone and joint surgery (Br). 2006; 88(5): 649-654

Сведения об авторах:

Варфоломеев Д.И., врач травматолог-ортопед, слушатель кафедры травматологии и ортопедии, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Россия.

Самодай В.Г., заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Россия.

Адрес для переписки:

Варфоломеев Д.И., ул. Чапаева, 120-106, г. Воронеж, Россия, 394031

Тел: +7 (917) 511-31-17

E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Information about authors:

Varfolomeev D.I., traumatologist-orthopedist, student of chair of traumatology and orthopedics, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia.

Samoday V.G., chief of chair of traumatology and orthopedics, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia.

Address for correspondence:

Varfolomeev D.I., Chapaeva St., 120-106, Voronezh, Russia, 394031

Tel: +7 (917) 511-31-17

E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

