



МЕТОД ДВУХОПОРНОЙ ДВУХПОЛЮСНОЙ ФИКСАЦИИ ПРИ ПЕРЕЛОМЕ ШЕЙКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Д.С. Назаров¹, Н.В. Загородний¹, Г.А. Айрапетов^{1, 2}, А.Н. Миронов¹,
М.П. Лукин², Н.И. Карпович¹, Д.В. Бурков²

¹Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, г. Москва, 117198, Россия

²Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой, ул. Лобачевского д. 42 стр. 1, г. Москва, 119415, Россия

Резюме. *Введение.* Перелом шейки бедренной кости – один из самых распространённых переломов у пожилых людей. Количество переломов шейки бедренной кости растёт в связи с увеличением заболеваемости остеопорозом, ухудшением зрения у пожилых людей, нарушением нервно-мышечной координации, малоподвижным образом жизни, в целом с увеличением продолжительности жизни. Классические методы фиксации таких переломов часто приводят к плохим результатам и высокому уровню осложнений. Так, частота осложнений при остеосинтезе шейки бедра составляет до 46%. Метод двухопорной двухполюсной фиксации представляет собой новый подход, который предполагает одновременное размещение винтов в двух плоскостях, создавая двухточечную опору для винтов в шейке и головке бедренной кости. *Цель исследования:* оценка эффективности метода двухопорной двухполюсной фиксации при лечении пациентов с переломом шейки бедренной кости в возрасте 22–86 лет. *Материалы и методы.* В общей сложности 28 пациентам со свежими переломами шейки бедра (давностью менее двух недель) была проведена закрытая репозиция и внутренняя фиксация с использованием метода двухопорной фиксации. Функциональные результаты пациентов оценивались с использованием шкалы Харриса, а также были оценены рентгенологические результаты сращения, укорочения шейки бедра, латерализация винтов и аваскулярного некроза головки бедренной кости (ABH). *Результаты.* Результаты показали, что методика двухопорной двухполюсной фиксации является безопасным и эффективным методом остеосинтеза при переломе шейки бедренной кости как у молодых, так и у пожилых пациентов. Из 28 исследуемых, находившихся под наблюдением, 1 пациент отказался от дальнейшего наблюдения. В течение среднего периода наблюдения (20 месяцев, диапазон 6–24 месяца) в 21 (78%) случае переломы рентгенологически срастались в среднем за 6 месяцев. Несращение произошло у трёх пациентов (22%), а ещё у трёх пациентов (12%) наблюдалась миграция имплантов. У одного пациента произошёл периимплантный перелом (2,7%). У двух пациентов произошёл варусный коллапс, но их переломы успешно срослись (7,4%). *Заключение.* Техника двухопорной фиксации обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами, включая повышенную стабильность и прочность фиксации. Его можно рассматривать как альтернативу традиционным методам лечения переломов шейки бедренной кости с низкой частотой несращения, аваскулярного некроза и отсутствием случаев нарушения фиксации или варусного коллапса.

Ключевые слова / Keywords [MeSH]: перелом шейки бедренной кости / femoral neck fracture [D005265]; остеосинтез / internal fixation [D005592]; двухопорная фиксация / bipolar fixation [D001899]; закрытая репозиция / closed reduction [D005591]; аваскулярный некроз головки бедра / avascular necrosis of femoral head [D005271]; несращение перелома / fracture nonunion [D005599]; остеопороз / osteoporosis [D010024]; шкала Харриса / Harris Hip Score [D006615]; миграция импланта / implant migration [D011475]; варусная деформация / varus collapse [D006618].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Соответствие нормам этики. Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно требовалось.

Для цитирования: Назаров Д.С., Загородний Н.В., Айрапетов Г.А., Миронов А.Н., Лукин М.П., Карпович Н.И., Бурков Д.В. Метод двухопорной двухполюсной фиксации при переломе шейки бедренной кости. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2026;16(1):107–114. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2026.1.CLIN.11>



BIPLANE DOUBLE SUPPORT SCREW FIXATION DUE TO FEMORAL NECK FRACTURE

Dilovar S. Nazarov¹, Nikolay V. Zagorodniy¹, Georgiy A. Airapetov¹, Andrey N. Mironov²,
Maksim P. Lukin², Nikolay I. Karpovich¹, Dmitriy V. Burkov²

¹Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow, 117198, Russia

²City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva, Lobachevsky St., 42, building 1, Moscow, 119415, Russia

Abstract. *Background.* Femoral neck fracture is one of the most common fractures in the elderly. The number of femoral neck fractures is increasing due to an increase in the incidence of osteoporosis, impaired vision in the elderly, impaired neuromuscular coordination, sedentary lifestyle, and an increase in life expectancy in general. Traditional methods of fixing such fractures often lead to poor results and a high level of complications. Thus, the incidence of complications in osteosynthesis of the femoral neck is up to 46%. The two-pole bipolar fixation method is a new approach that involves the simultaneous placement of screws in two planes, creating a two-point support for screws in the neck and head of the femur. *Aim.* The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of the two-support bipolar fixation method in the treatment of patients with femoral neck fracture aged 22-86 years. *Methods.* A total of 28 patients with fresh hip fractures (less than two weeks old) underwent closed reposition and internal fixation using the method of two-support fixation. The functional results of the patients were evaluated using the Harris scale, and the radiological results of fusion, shortening of the femoral neck, lateralization of screws and avascular necrosis of the femoral head (AVN) were also evaluated. *Results.* The results showed that the technique of double-support bipolar fixation is a safe and effective osteosynthesis for fracture of the femoral neck in both young and elderly patients. Of the 28 subjects under observation, 1 patient refused further follow-up. On average, within 20 months (range 6-24 months), 21 (78%) fractures radiographically healed in an average of 6 months. Non-union occurred in three patients (22%), and three patients (12%) had implant migration. One patient had a peri-implant fracture (2.7%). Two patients had varus collapse, but their fractures successfully healed (7.4%). *Conclusion.* The two-support fixation technique has a number of advantages over traditional methods, including increased stability and strength of fixation. It can be considered as an alternative to traditional methods of treating femoral neck fractures with a low incidence of non-union, avascular necrosis and the absence of cases of fixation disorders or varus collapse.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Compliance with ethical principles. The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it necessary.

Cite as: Nazarov D.C., Zagorodniy N.V., Airapetov G.A., Mironov A.N., Lukin M.P., Karpovich N.I., Burkov D.V. Biplane Double Support Screw Fixation due to femoral neck fracture. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2026;16(1):107-114. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2026.1.CLIN.11>

ВВЕДЕНИЕ

Перелом шейки бедренной кости является сложным для лечения, поскольку при нем высока частота аваскулярного некроза головки бедренной кости и существует значительный риск несращения, особенно у молодых пациентов, которым мы стремимся сохранить собственную головку бедренной кости [1]. Ожидается, что к 2050 году число переломов шейки бедренной кости достигнет 6,26 миллиона [2]. Соответственно, лечение переломов шейки бедренной кости у молодого и взрослого населения остаётся сложной задачей в области ортопедии. Распространение медицинских технологий и стремительный прогресс в области малоинвазивной хирургии привели к постепенному расширению спектра доступных методов внутренней фиксации [3]. Современный традиционный способ фиксации переломов шейки бедренной кости методом перевёрнутого треугольника связан с неблагоприятными исходами в 20-42% случаев, которые обусловлены различными биомеханическими проблемами [4-6]. В результате частота осложнений высока. Новая методика винтовой фиксации при переломах шейки бедренной кости, известная как метод двухопорной двухплоскостной фиксации с двойной опорой (BDSF), была разработана О. Filipov [6, 7]. Этот метод предусматривает одновременное размещение винтов в двух плоскостях, создавая двухточечную

опору для винтов в шейке и головке бедренной кости. Такой подход необходим для поддержания головки бедренной кости, которая действует как балка с выступающим концом. Разместив винты в двух плоскостях, точка входа может быть расположена более дистально в твёрдом диафизарном кортикале, что позволяет расположить дистальный винт вдоль дистального кортикала шейки бедренной кости, что обеспечивает двухточечную фиксацию. Такое расположение позволяет всей конструкции действовать как простая балка, перенося вес на диафиз бедренной кости и повышая прочность фиксации по сравнению с обычной параллельной винтовой фиксацией.

Метод двухопорной фиксации обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами. Во-первых, при двухопорной фиксации дистальный кортикал шейки бедренной кости поддерживается двумя винтами, в то время как в традиционных методах используется только один. Кроме того, винты распределены по большей площади головки бедренной кости, распределяя осевую нагрузку от головки к диафизу и снижая риск варусного коллапса и от эффекта «cut-through». Более крутой угол наклона винтов при двухопорной фиксации также обеспечивает импакцию места перелома при переносе веса, снижая риск подвзвельных переломов. При использовании этого метода

повышается стабильность фиксации, что позволяет использовать эту методику при оскольчатых переломах и переломах по Pauwels III типа, когда обычная фиксация может оказаться неэффективной. Кроме того, винты устанавливаются вдали от несущего фрагмента головки бедренной кости, что снижает риск повреждения внутрикостного кровоснабжения. Таким образом, BDSF – это новый метод фиксации винтов при переломах шейки бедренной кости, который имеет преимущества перед традиционными методами. Благодаря двухточечной опоре и двухплоскостному расположению винтов повышается стабильность шейки бедренной кости. Исторически сложилось так, что лечение переломов шейки бедренной кости являлось сложной задачей, поскольку ни один метод фиксации не был универсально успешным. Кроме того, существует некий дефицит литературы по этой методике.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: оценка эффективности метода двухопорной двухполюсной фиксации при лечении пациентов с переломом шейки бедренной кости в возрасте 22–86 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в период с сентября 2022 г. по октябрь 2024 г. в отделении травматологии ГКБ № 31. В работу были включены все пациенты старше 18 лет, которые поступили в приёмное отделение или отделение неотложной помощи со свежими (менее 7 дней) переломами шейки бедренной кости (как без смещения, так и со смещением) (рис. 1–4). Пациенты с переломами больше 7 дней, сопутствующими ипсилатеральными переломами шейки бедра, патологическими переломами или стрессовыми переломами исключены из исследования. Всем пациентам, включённым в исследование, выполнена закрытая репозиция и внутренняя фиксация с использованием метода BDSF (костная дистракционная стабилизирующая фиксация). В исследовании приняли участие 28 пациентов, но 1 из них отказался от последующего наблюдения, поэтому представлены результаты 27 пациентов. Средний возраст пациентов составил 60 лет, варьируя от 22 до 86 лет, 48% из них были мужчинами, а 52% женщины. У большинства пациентов были переломы II типа по Garden (56%) и II типа по Pauwels (68%). Среднее время между травмой и операцией составило 2 дня, варьируя от 1 до 7 дней. Из 27 наблюдавшихся пациентов у 21 (78%) перелом сросся, среднее время до сращения составило 6 месяцев.

Закрытая репозиция достигнута путём лёгкого вытяжения, незначительного отведения и внутренней ротации конечности или репозиции по Лидбеттеру, при этом пациент находится в положении ле-

жа на дистракционном столе. Приемлемость репозиции была подтверждена с помощью прямой и боковых снимков с применением «Электронного оптического преобразователя»



Рисунок 1. Рентгенограмма перелома перед операцией (Пациент № 1)
Figure 1. Preoperative fracture radiograph (Patient No.1)

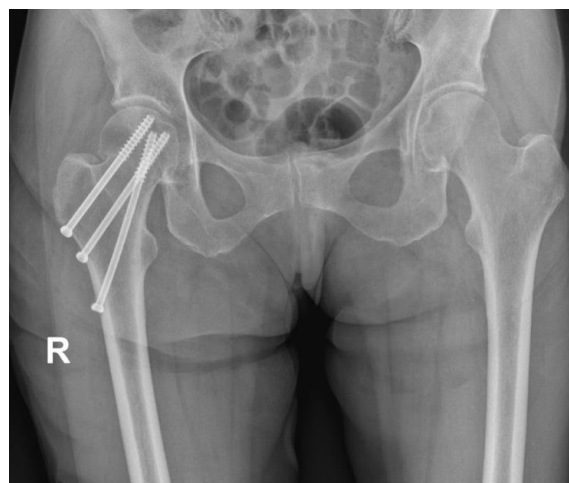


Рисунок 2. Рентгенограмма после операции
Figure 2. Postoperative radiograph



Рисунок 3. Сросшийся перелом на фоне фиксации
Figure 3. Healed fracture with fixation

Перелом синтезировали с использованием методики BDSF (рис. 2, 3), которая предполагает создание двухточечной опоры для винтов и размещение их одновременно в двух плоскостях в шейке и головке бедренной кости [7]. После операции в течение 48 часов внутривенно вводились антибиотики. Упражнения на амплитуду движений тазобедренного сустава и коленного сустава начинали на второй день после операции, начиная с пассивных упражнений и переходя к активным упражнениям.

Ходьба с дополнительной опорой была начата на 1 сутки после операции, а полная ходьба с опорой на вес была начата после рентгенологического сращения перелома (рис. 3, 6). Пациенты проходили клиническое и рентгенологическое обследование перед операцией и с интервалом в 6 недель и до полного сращения перелома, а затем с интервалом в 2 месяца для оценки жизнеспособности головки бедренной кости. Данные были проанализированы с использованием пропорции, среднего значения и стандартного отклонения. Сращение было определено как наличие рентгенологически видимых соединительных трабекул в месте перелома и способность пациента переносить вес на оперированное бедро. Несращение определялось как отсутствие прогрессирующих признаков сращения, таких как формирование трабекул в месте перелома или наличие диастаза в месте перелома через 6 месяцев. Укорочение шейки бедренной кости оценивали путём измерения расстояния между центром головки бедренной кости и вершущей большого вертела и сравнения разницы между послеоперационными рентгенограммами и окончательным наблюдением. Варусный коллапс рассчитывали путём измерения угла наклона шейки бедренной кости на оперированной стороне при заключительном наблюдении и сравнения его с нормальной стороной [9, 10].

Латерализацию винтов определяли путём измерения длины винта, выступающего из латерального кортикала бедренной кости. При наличии склероза, субхондральных кист или коллапса головки бедренной кости подозревался аваскулярный некроз головки бедренной кости (ABH).

В послеоперационном периоде проводилось регулярное наблюдение с интервалом в 6 недель до сращения, а затем с интервалом в 2 месяца. Клиническую оценку проводили с использованием шкалы Harris Hip Score. Любое укорочение, коллапс, миграция винтов или асептический некроз головки бедренной кости считали значительными, если они превышали определённые нами пороговые значения.

Статистический анализ записанных данных проводили с использованием программного обеспечения Excel (Microsoft, Редмонд, США). Среднее значение, диапазоны и пропорции были рассчитаны с использованием программного обеспечения Excel для анализа результатов по когорте.



Рисунок 4. Предоперационная рентгенограмма (Пациент №2)
Figure 4. Preoperative radiograph (Patient No.2)

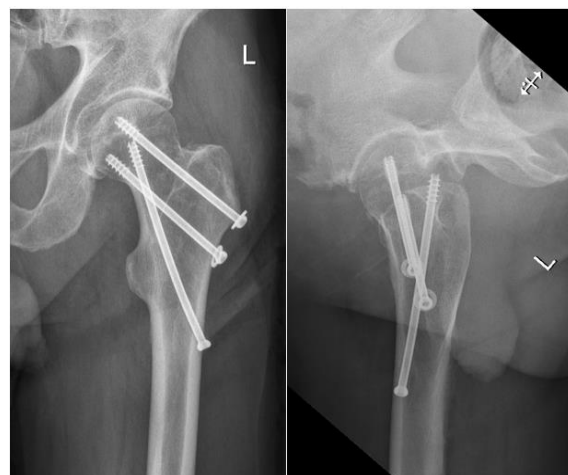


Рисунок 5. Сращение перелома с незначительным укорочением, латерализацией винтов
Figure 5. Healed fracture with slight shortening, screw lateralization



Рисунок 6. Сращение перелома с латерализацией винтов, АВН, незначительное укорочение
Figure 6. Healed fracture with screw lateralization, AVN, slight shortening

РЕЗУЛЬТАТЫ

У 22% пациентов произошло несращение, в то время как у 12% развился АВН. Из 21 случая, когда произошло сращение, в двух (10%) развился значительный варусный коллапс ($>5^\circ$) (рис. 7), а средняя разница в угле наклона шейки составила $4,8^\circ$, при этом изгиб составлял от 3° до 10° . В общей сложности у 60% пациентов наблюдалось значительное укорочение шейки (>5 мм), при этом среднее укорочение шейки бедра составило 7,4 мм и варьировалось от 4 мм до 12 мм. У 4 (20%) пациентов наблюдали значительную латерализацию винта (>5 мм) (рис. 7). У большинства пациентов наблюдали отличный функциональный результат, у 5 (19%) пациентов неудовлетворительный, у 2 (7%) пациентов оценка тазобедренного сустава по шкале Харриса была удовлетворительной, у 7 (26%) пациентов – хорошей, а у 13 (48%) пациентов – отличной. У 5 пациентов были удалены винты, в то время как двум пациентам выполнено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава из-за несращения и миграции винтов, а одному пациенту выполнена гемиаартропластика из-за несращения, в то время как у одного пациента был периимплантный перелом (рис. 8).

ОБСУЖДЕНИЕ

Оптимальный метод лечения переломов шейки бедренной кости остаётся предметом дискуссий в современной литературе. Несмотря на использование нескольких канюлированных винтов в форме перевёрнутого треугольника, результаты остаются неудовлетворительными, а количество осложнений составляет 20–42% [4–6]. Было выявлено несколько факторов, которые являются причиной высокой частоты несращения, связанных с традиционной винтовой фиксацией. Например, чтобы противостоять сдвигающим усилиям, винты должны быть надёжно закреплены по крайней мере в двух точках дистального отломка. Однако точки входов трёх винтов в отломок не могут быть надёжно закреплены. Винты, используемые в традиционных методах винтовой фиксации, не отвечают этому требованию, поскольку они располагаются на тонкой поверхности большого вертела или вблизи неё. Кроме того, интраоперационная компрессия, необходимая для фиксации, зависит от прочности губчатой ткани кости. Отметим, что в традиционных методиках ориентация винтов менее вертикальная, чем в BDSF, что приводит к меньшему давлению на место перелома.

Недавние исследования, описывающие методику BDSF при переломах шейки бедренной кости, показали отличные результаты. Например, Filipov и соавт. изучили 88 пациентов, у 87 (98,86%) из которых переломы срослись, и только у одного (1,13%) отмечали несращение [7].

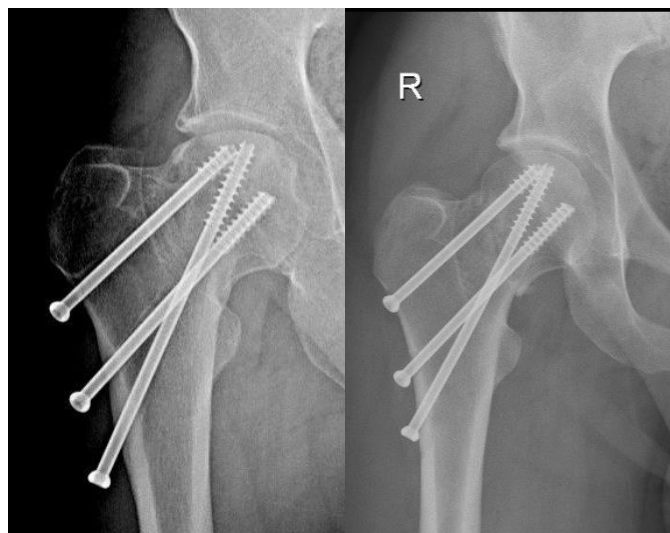


Рисунок 7. Сращение перелома с АВН, латерализация винтов, укорочение, варусный коллапс. Рентгенограммы за последнее наблюдение (Пациент №3)

Figure 7. Fracture union with AVN, screw lateralization, shortening, varus collapse. Radiographs for the last observation (Patient No. 3)

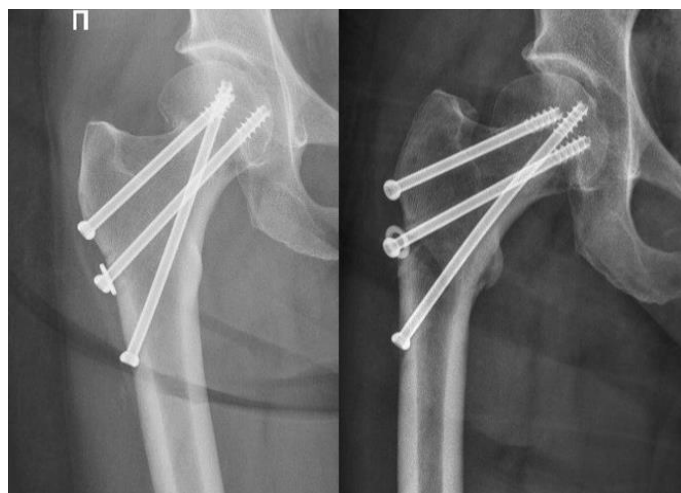


Рисунок 8. Сросшийся перелом шейки бедра. Периимплантный перелом (Пациент №4)

Figure 8. Healed femoral neck fracture. Peri-implant fracture (Patient No. 4)

Аналогично, Galal и соавт. исследовали 41 пациента, у 38 (95%) из которых остеосинтез состоялся, при этом в двух (5%) случаях результат был неудовлетворительным [8]. В нашем исследовании, в которое были включены 27 пациентов, частота сращения составила 78%, в то время как частота несращения и АВН составила 22% и 12% соответственно (табл. 1). Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что фиксация шейки бедра у молодых пациентов приводит к 70%-му сращению при частоте осложнений около 30% [9–11].

Таблица 1. Сравнение результатов нашего исследования с результатом других авторов**Table 1.** Comparison of the results of our study with the results of other authors

Параметр	Наше исследование	Filipov et al.	Galal et al.
Кол-во пациентов	27	88	41
Пол	9 М 18 Ж	27 М 61 Ж	33 М 8 М
Средний возраст	62,6	76,9	41,5
Среднее время наблюдения	14 мес.	8 мес.	24 мес.
Перелом по Гардену	I 5 II 12 III 7 IV 4	I 3 II 1 III 9 IV 75	I 0 II 0 III 24 IV 17
Сросшийся перелом	78%	98,86%	95%

В метаанализе, проведенном Slobogean GP с соавт. было обнаружено, что частота несросшихся переломов со смещением у пациентов в возрасте до 60 лет составила 10%, в то время как частота несросшихся переломов со смещением составила 5% [12]. В метаанализе также сообщалось о несостоятельности фиксации в 9,7% случаев. Таким образом риск аваскулярного некроза после переломов шейки бедренной кости был существенным при смещённых переломах (Garden III-IV), чем для несмещённых (Garden I-II). Временной интервал от травмы до операции не коррелировал с частотой аваскулярного некроза.

В результате обзора сделан вывод о существенном долгосрочном риске аваскулярного некроза, особенно у пациентов со смещёнными переломами, и призывают к длительному послеоперационному наблюдению за пациентами с переломами шейки бедренной кости [13-19]. Показатели сращения в нашем исследовании были не такими высокими, как те, которые были продемонстрированы в исследованиях по методу бипланной винтовой фиксации с двойной опорой (BDSF), проведенные Filipov, Galal и др. Wang и соавт. было обнаружено, что переломы III типа по классификации Pauwels приводили к более высокой частоте несращения и АВН при изучении переломов шейки бедренной кости у молодых людей, что также наблюдалось в нашем исследовании, где частота сращения была ниже при переломах III типа по Pauwels [20]. В нашем исследовании средняя оценка по шкале Харриса составила 75,2, и у 72% пациентов были отличные или хорошие функциональные результаты.

У большинства наших пациентов наблюдалась миграция винта, а значительное смещение винта (>5 мм) наблюдалось у 20% пациентов с сочетанными переломами. В предыдущих исследованиях было установлено, что среднее отклонение винтов при использовании метода BDSF составляло 4 мм, а при использовании традиционной методики – 41%. Ми-

грация винтов могла произойти из-за плохого качества кости. Из 21 сросшегося перелома у 10% развился значительный варусный коллапс, а у 60% – значительное укорочение шейки. Частота варусного коллапса в нашем исследовании была сопоставима с тем, которое наблюдалось при использовании традиционной методики, а укорочение шейки бедра было аналогично тому, о котором сообщалось в других исследованиях [21-25].

В нашем исследовании у трёх пациентов развился АВН головки бедренной кости, у всех был IV тип по Garden. В предыдущих исследованиях было установлено, что при использовании традиционных методов фиксации частота несращения составляла 33% и 16% соответственно. В крупнейшем систематическом обзоре, проведенном Slobogean GP и соавторами, общая частота несращения и частота АВН при переломах со смещением составила, по оценкам, 9,3% и 14,7% соответственно. Brans и соавт. установлено, что у 24% женщин и 15% мужчин при 1500 переломах шейки бедренной кости, зафиксированных традиционным методом, наблюдалась АВН, при этом частота переломов без смещения была ниже (16%), чем переломов со смещением (27,6%). В нашем исследовании частота несращения составила 22%, а частота АВН – 12%, что сопоставимо с предыдущими исследованиями. Частота АВН была выше при смещённых переломах и переломах по Пауэлсу III типа.

У одного из наших пациентов в раннем послеоперационном периоде произошёл подвертельный перелом бедренной кости, несмотря на то, что самый дистальный винт был установлен ниже малого вертела. Периимплантные переломы могут развиваться через винтовое отверстие в подвертельной или диафизарной области из-за хрупкости бедренной кости и эффекта повышения напряжения имплантата. Может потребоваться улучшенная стратегия остеосинтеза, чтобы избежать периимплантных переломов при фиксации переломов бедренной кости на фоне остеопороза [26-30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты показали, что методика двухопорной двухполюсной фиксации является безопасным и эффективным методом остеосинтеза при переломе шейки бедренной кости как у молодых, так и у пожилых пациентов. Техника двухопорной фиксации обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами, включая повышенную стабильность и прочность фиксации. Его можно рассматривать как альтернативу традиционным методам лечения переломов шейки бедренной кости с низкой частотой несращения, аваскулярного некроза и отсутствием случаев нарушения фиксации или варусного коллапса.

Литература [References]

- 1 Sami A, Prabhakar R, Kumar Yadav A, Kumar Jain V. Biplane double supported screw fixation for femoral neck fracture in young adults: A prospective cohort study. *J Orthop*. 2022 Jul 31;33:117-123. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2022.07.012>
- 2 Liddicoat M. National Hip Fracture Data Base (NHFD), 2017. https://www.researchgate.net/publication/329673879_National_Hip_Fracture_Data_Base_NHFD_2017_annual_report
- 3 Campenfeldt P, Al-Ani A, Ekström W, Zeraati B, Greve K, Cederholm T, Hedström M. Function, sarcopenia and osteoporosis 10 years after a femoral neck fracture in patients younger than 70 years. *Injury*. 2022 Apr;53(4):1496-1503. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.12.030>. Epub 2021 Dec 22.
- 4 Ramadanov N, Jóźwiak K, Hauptmann M, Lazaru P, Marinova-Kichikova P, Dimitrov D, Becker R. Cannulated screws versus dynamic hip screw versus hemiarthroplasty versus total hip arthroplasty in patients with displaced and non-displaced femoral neck fractures: a systematic review and frequentist network meta-analysis of 5703 patients. *J Orthop Surg Res*. 2023 Aug 26;18(1):625. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04114-8>
- 5 Vluggen TPMJ, van Vugt R, Boonen B, Keulen MHF. Management of two-level proximal femoral fractures. *BMJ Case Rep*. 2021 May 31;14(5):e240684. <https://doi.org/10.1136/bcr-2020-240684>
- 6 Filipov OB. Biplane Double-supported Screw Fixation of Femoral Neck Fractures: Surgical Technique and Surgical Notes. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019 Jun 1;27(11):e507-e515. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-17-00117>
- 7 Galal S, Nagy M. Non-parallel screw fixation for femoral neck fractures in young adults. *J Clin Orthop Trauma*. 2017 Jul-Sep;8(3):220-224. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2017.07.003>
- 8 Ren H, Zhang X, Liang Y, Yi C, Li D. Morphological analysis of posterior-medial intertrochanteric fracture patterns using fracture-mapping technique. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023 Nov 9;11:1275204. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1275204>
- 9 Jaya Raj J, Kow RY, Ganthei Annamalai K, Kunasingh DE, Panicker GK, Lim BC, Low CL. Outcomes of Femoral Neck Fractures in Young Patients and the Factors Associated With Complications: A Multicenter Study From Malaysia. *Cureus*. 2021 Sep 19;13(9):e18110. <https://doi.org/10.7759/cureus.18110>
- 10 Kim SJ, Park HS, Lee DW. Complications after internal screw fixation of nondisplaced femoral neck fractures in elderly patients: A systematic review. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2020 May;54(3):337-343. <https://doi.org/10.5152/j.aott.2020.03.113>
- 11 Olansen J, Ibrahim Z, Aaron RK. Management of Garden-I and II Femoral Neck Fractures: Perspectives on Primary Arthroplasty. *Orthop Res Rev*. 2024 Jan 3;16:1-20. <https://doi.org/10.2147/ORR.S340535>
- 12 Slobogean GP, Sprague SA, Scott T, Bhandari M. Complications following young femoral neck fractures. *Injury*. 2015 Mar;46(3):484-91. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.10.010>
- 13 Konarski W, Poboży T, Kotela A, Śliwczyński A, Kotela I, Hordowicz M, Krakowiak J. The Risk of Avascular Necrosis Following the Stabilization of Femoral Neck Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Aug 15;19(16):10050. <https://doi.org/10.3390/ijerph191610050>
- 14 Yoon JY, Lee SJ, Yoon KS, Yoon PW. The diagnostic value of SPECT/CT in predicting the occurrence of osteonecrosis following femoral neck fracture: a prospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020 Aug 3;21(1):517. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03538-1>
- 15 Wu C. et al. Efficacy and complications after delayed fixation of femoral neck fractures in children. *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2019;28(1). <https://doi.org/10.1177/2309499019889682>
- 16 Mukka S., Sjöholm P., Aziz A. et al. A cohort study comparing internal fixation for undisplaced versus hip arthroplasty for displaced femoral neck fracture in the elderly: a pilot study for a clinical trial. *Pilot Feasibility Stud*. 2020;6:98. <https://doi.org/10.1186/s40814-020-00642-w>
- 17 Pei F., Zhao R., Li F. et al. Osteonecrosis of femoral head in young patients with femoral neck fracture: a retrospective study of 250 patients followed for average of 7.5 years. *J Orthop Surg Res*. 2020;15:238. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01724-4>
- 18 Huang K., Fang X., Li G. et al. Assessing the effect of Gotfried reduction with positive buttress pattern in the young femoral neck fracture. *J Orthop Surg Res*. 2020;15:511. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-02039-0>
- 19 Kim CH., Shin M., Lee D. et al. Hidden osteonecrosis of the femoral head after healed femoral neck fractures: magnetic resonance imaging study of 58 consecutive patients. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142:1443-1450. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-03802-6>
- 20 Wang SH, Yang JJ, Shen HC, Lin LC, Lee MS and Pan RY. Using a modified Pauwels method to predict the outcome of femoral neck fracture in relatively young patients. *Injury*. 2015;46:1969-74.
- 21 Su Z, Liang L, Hao Y. Medial femoral plate with cannulated screw for Pauwels type III femoral neck fracture: A meta-analysis. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2021;34(2):169-177. <https://doi.org/10.3233/BMR-200183>
- 22 Huang H, Feng Z, Wang W, Yang C, Liao J, Ouyang J. Finite Element Analysis of Femoral Neck Fracture Treated with Bidirectional Compression-Limited Sliding Screw. *Med Sci Monit*. 2021 Mar 30;27:e929163. <https://doi.org/10.12659/MSM.929163>
- 23 Li N, Cheng KY, Fan J, Li Y, Yang M, Zhu S, Jiang X. Evaluating three internal fixation techniques for Pauwels III femoral neck fractures via finite element analysis. *Sci Rep*. 2024 Jul 5;14(1):15519. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66638-1>
- 24 Ding M, Su Z, Wang D, Mo L, Mei J, Sun W, Li S, Ni M. Biomechanical comparison of Gofried positive support reduction of Pauwels type III femoral neck fractures: A finite elements analysis. *Injury*. 2024 Dec;55(12):111979. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2024.111979>
- 25 Cha YH, Yoo JI, Hwang SY, Kim KJ, Kim HY, Choy WS, Hwang SC. Biomechanical Evaluation of Internal Fixation of Pauwels Type III Femoral Neck Fractures: A Systematic Review of Various Fixation Methods. *Clin Orthop Surg*. 2019 Mar;11(1):1-14. <https://doi.org/10.4055/cios.2019.11.1.1>
- 26 Kim JW, Oh CW, Park KH, Oh JK, Yoon YC, Kim JK. Peri-implant atypical femoral fracture after nail or plate osteosynthesis. *J Orthop Sci*. 2022 Jul;27(4):866-875. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2021.04.008>
- 27 Makkar B, Obremskey W, Avidano R, Ott S, Basida B, Hoffer C, Schousboe JT, Lo J, Huling J, Ristau K, Fink HA, Adler RA, Barzilay JI, Carbone L. The definition of atypical femoral fractures should include periprosthetic femoral fractures (PAFFs). *Osteoporos Int*. 2025 Mar;36(3):539-546. <https://doi.org/10.1007/s00198-025-07401-8>
- 28 Hashimoto J, Oh Y, Yamamoto K, Yoshii T, Fukushima K, Kitagawa M, Okawa A. Frequency and pathogenesis of periprosthetic atypical femoral fractures associated with total knee arthroplasty: A multicenter prospective study with complementary histopathological and biomechanical analysis. *Injury*. 2024 Jun;55(6):111136. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.111136>
- 29 Jeong SY, Hwang KT, Oh CW, Kim JW, Sohn OJ, Kim JW, Cho YH, Park KC. Mid-term outcomes after the surgical treatment of atypical femoral fractures : minimum three-year follow-up. *Bone Joint J*. 2021 Nov;103-B(11):1648-1655. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.103B11>
- 30 Woo SB, Choi ST, Chan WL. Atypical periprosthetic femoral fracture: a case report. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2016 Aug;24(2):269-72. <https://doi.org/10.1177/1602400230>

Авторская справка**Назаров Диловар Саъдуллоевич**

Врач травматолог-ортопед, аспирант кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы.

ORCID 0009-0003-9512-9594; dilovarnazarov95@mail.ru

Вклад автора: методология, валидация, формальный анализ.

Загородний Николай Васильевич

Д-р мед. наук, профессор, академик РАН, зав. кафедрой травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы.

ORCID 0000-0002-6736-9772; zagorodniy51@mail.ru

Вклад автора: исследование, обработка и сбор данных, написание первоначального проекта.

Айрапетов Георгий Александрович

Д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы.

ORCID 0000-0001-7507-7772; airapetovga@yandex.ru

Вклад автора: формальный анализ и редактирование.

Миронов Андрей Николаевич

Врач травматолог-ортопед, заведующий отделением, Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой.

ORCID 0000-0002-2002-5091; dr.mironov.andrey@gmail.com

Вклад автора: редактирование, написание, формальный анализ.

Лукин Максим Прокопьевич

Канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой.

ORCID 0009-0003-6129-0347; mad_max1979@mail.ru

Вклад автора: сбор данных.

Карпович Николай Иванович

Канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой.

ORCID 0009-0001-8442-2061; galen7@yandex.ru

Вклад автора: общий контроль, сбор данных.

Бурков Дмитрий Владимирович

Канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой.

ORCID 0000-0002-4671-0847; arthrodv@mail.ru

Вклад автора: обследование пациентов, анализ данных.

Author's reference**Dilovar S. Nazarov**

Traumatologist-orthopedist, postgraduate student in the Department of Traumatology and Orthopedics, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia.

ORCID 0009-0003-9512-9594; dilovarnazarov95@mail.ru

Author's contributions: methodology, validation, formal analysis.

Nikolay V. Zagorodniy

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia.

ORCID 0000-0002-6736-9772; zagorodniy51@mail.ru

Author's contributions: research, data processing and collection, writing the initial draft.

Georgiy A. Ayrapetov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia.

ORCID 0000-0001-7507-7772; airapetovga@yandex.ru

Author's contribution: formal analysis and editing.

Andrey N. Mironov

Traumatologist-orthopedist, Head of Department, City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva.

ORCID 0000-0002-2002-5091; dr.mironov.andrey@gmail.com

Author's contribution: editing, writing, formal analysis.

Maksim P. Lukin

Cand. Sci. (Med.), Traumatologist-orthopedist, City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva.

ORCID 0009-0003-6129-0347; mad_max1979@mail.ru

Author contribution: data collection.

Nikolay I. Karpovich

Cand. Sci. (Med.), traumatologist-orthopedist, City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva.

ORCID 0009-0001-8442-2061; galen7@yandex.ru

Author contribution: overall supervision, data collection.

Dmitriy V. Burkov

Cand. Sci. (Med.), traumatologist-orthopedist, City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva.

ORCID 0000-0002-4671-0847; arthrodv@mail.ru

Author contribution: patient examination, data analysis.