



Научная статья

УДК 616.718.41/44-089.84-073.75

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17575>

## Анализ рентгенологической анатомии проксимального отдела бедренной кости после интрамедуллярного остеосинтеза переломов вертельной зоны

Б.А. Майоров<sup>1,2,3</sup>, И.Г. Беленький<sup>1,2</sup>, Г.Д. Сергеев<sup>1,2</sup>, И.А. Ендовицкий<sup>3</sup>,  
М.А. Сергеева<sup>2</sup>, Д.А. Исаханян<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ГБУЗ ЛО «Всеволожская клиническая межрайонная больница», г. Всеволожск, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Несмотря на распространенность интрамедуллярного остеосинтеза при переломах вертельной области бедренной кости, доля осложнений, связанных с имплантатами, превышает 50%. Некачественная репозиция и некорректное положение имплантата значительно повышают риск развития механических осложнений и частоту неудовлетворительного исхода лечения пациентов.

**Цель исследования** — оценить варианты положения отломков после фиксации вертельных переломов проксимальным бедренным стержнем на основании разработанных рентгенологических критериев оценки качества репозиции и определить зависимость качества восстановления анатомии проксимального отдела бедренной кости и положения имплантатов от типа перелома.

**Материал и методы.** В ретроспективном одноцентровом исследовании проанализированы первичные рентгенологические результаты лечения 108 пациентов с переломами типа 31А. Были сформулированы рентгенологические критерии, согласно которым положение отломков и имплантатов признавали удовлетворительным при условии величины шеечно-диафизарного угла более 125°, антеверсии — не более 20°, величины медиального диастаза — не более 10 мм, отсутствия отрицательной медиальной опоры, отсутствия удлинения шейки бедренной кости более 10 мм в сравнении со здоровой стороной, отсутствия пенетрации шеечного винта в сустав. Пациенты были разделены на три группы в зависимости от типа перелома. Мы проанализировали и сравнили доли удовлетворительных и неудовлетворительных рентгенологических результатов в группах и между группами.

**Результаты.** Удовлетворительная репозиция отмечена у 83 пациентов (76,9%) из 108, неудовлетворительная — у 25 пациентов (23,1%), у 16 пациентов (14,8%) отмечено некорректное положение имплантатов. У пациентов с переломами типа 31А1 вероятность неудовлетворительной репозиции в 3,5 раза ниже, чем у пациентов с переломами 31А2 (ОШ 3,511; 95% ДИ 1,202–10,261), и в 6,7 раз ниже, чем при переломе типа 31А3 (ОШ 6,714; 95% ДИ 1,685–26,752). Вероятность некорректного положения имплантата в 6 раз выше при переломах типа 31А3, чем при переломах типа 31А1 (ОШ 6,000; 95% ДИ 1,410–25,528).

**Заключение.** Для повышения качества хирургического лечения необходимо уделять повышенное внимание качеству достигнутой репозиции, выбору имплантата, техническим особенностям его установки при переломах типов А2 и А3, улучшению алгоритмов предоперационного планирования, а также детальной разработке критериев интраоперационной рентгенологической оценки качества восстановления анатомии проксимального отдела бедренной кости.

**Ключевые слова:** чрезвертельный перелом, проксимальный бедренный стержень, осложнения остеосинтеза, предоперационное планирование, интрамедуллярный остеосинтез.

**Для цитирования:** Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Ендовицкий И.А., Сергеева М.А., Исаханян Д.А. Анализ рентгенологической анатомии проксимального отдела бедренной кости после интрамедуллярного остеосинтеза переломов вертельной зоны. *Травматология и ортопедия России.* 2025;31(1):55-67. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17575>.

✉ Беленький Игорь Григорьевич; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Рукопись получена: 30.06.2024. Рукопись одобрена: 10.01.2025. Статья опубликована онлайн: 04.02.2025.

© Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Ендовицкий И.А., Сергеева М.А., Исаханян Д.А., 2025

## Analysis of the Radiological Anatomy of the Proximal Femur after the Intramedullary Nailing of Trochanteric Fractures

Boris A. Maiorov<sup>1,2,3</sup>, Igor' G. Belen'kiy<sup>1,2</sup>, Gennadii D. Sergeev<sup>1,2</sup>, Ivan A. Endovitskiy<sup>3</sup>, Mariya A. Sergeeva<sup>2</sup>, David A. Isakhanyan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg I.I. Dzhanlidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Interdistrict Clinical Hospital of Vsevolozhsk, Vsevolozhsk, Russia

### Abstract

**Background.** Despite the high rate of the intramedullary osteosynthesis of proximal femur fractures, the incidence of implant-associated complications exceeds 50%. Poor reduction and incorrect implant positioning significantly increase the risk of mechanical complications and the frequency of unsatisfactory treatment outcomes.

**The aim of the study** was to evaluate various fragment positions after the intramedullary nailing of proximal femur fractures using the developed radiological criteria for assessing the quality of reduction, and to determine the association between the quality of the restoration of the proximal femur, implant position and fracture type.

**Methods.** In a retrospective single-center study we analyzed the primary X-rays of 108 patients with type 31A fractures. Radiological criteria were preliminarily defined. According to them, the position of the fragments and implants was considered satisfactory if the value of the neck-diaphyseal angle was more than 125°, anteversion did not exceed 20°, medial diastasis was not more than 10 mm, and there were no negative medial support, no femoral neck lengthening of more than 10 mm compared with the healthy side, and no penetration of the blade into the joint. Patients were divided into three groups according to the fracture type. We analyzed and compared the proportions of satisfactory and unsatisfactory radiological results within the groups and between them.

**Results.** Satisfactory reduction was noted in 83 patients (76.9%) out of 108, unsatisfactory — in 25 patients (23.1%), and 16 patients (14.8%) had incorrect implant position. Patients with type 31A1 fractures were 3.5 times less likely to have an unsatisfactory reduction than patients with type 31A2 fractures (OR 3.511; 95% CI 1.202-10.261) and 6.7 times less likely to have an unsatisfactory reduction than patients with type 31A3 fractures (OR 6.714; 95% CI 1.685-26.752). The probability of incorrect implant positioning was 6 times higher in type 31A3 fractures than in type 31A1 fractures (OR 6.000; 95% CI 1.410-25.528).

**Conclusion.** To improve the quality of surgical treatment, it is worth paying an increased attention to the quality of the achieved reduction, implant selection, technical peculiarities of the fixation of types A2 and A3 fractures, improvement of preoperative planning algorithms, as well as development of criteria for intraoperative radiological assessment of the quality of the restoration of the proximal femur anatomy.

**Keywords:** pertrochanteric fracture, proximal femoral nail, osteosynthesis complications, preoperative planning, intramedullary osteosynthesis.

**Cite as:** Maiorov B.A., Belen'kiy I.G., Sergeev G.D., Endovitskiy I.A., Sergeeva M.A., Isakhanyan D.A. Analysis of the Radiological Anatomy of the Proximal Femur after the Intramedullary Nailing of Trochanteric Fractures. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2025;31(1):55-67. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17575>.

✉ Igor' G. Belen'kiy; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Submitted: 30.06.2024. Accepted: 10.01.2025. Published online: 04.02.2025.

© Maiorov B.A., Belen'kiy I.G., Sergeev G.D., Endovitskiy I.A., Sergeeva M.A., Isakhanyan D.A., 2025

## ВВЕДЕНИЕ

Доля переломов вертельной области составляет 30,0–51,5% от всех переломов бедренной кости и 45,0–55,0% от переломов проксимального отдела бедренной кости (ППОБК) [1, 2, 3]. Наличие у пациента остеопороза и сопутствующей соматической патологии увеличивают риск как местных, так и системных осложнений [1, 4]. При этом требования к качеству выполнения остеосинтеза повышаются, так как снижение минеральной плотности костной ткани способствует развитию несостоятельности фиксации [5]. Если ответы на вопросы, касающиеся предоперационного обследования, сроков выполнения остеосинтеза и его медикаментозного сопровождения, закреплены в действующих клинических рекомендациях, то проблема качества репозиции отломков и ее влияние на результат лечения изучены недостаточно [6, 7, 8, 9].

В то же время в современной научной литературе, посвященной хирургическому лечению переломов вертельной области бедренной кости, стало уделяться больше внимания качеству остеосинтеза [9, 10, 11]. Основной целью оперативного вмешательства является скорейшее восстановление опороспособности поврежденной конечности и, как следствие, вертикализация пациента для профилактики гипостатических осложнений. По мнению многих авторов, этого можно достичь только в случае качественной репозиции костных отломков и их стабильной фиксации, т.е. корректной имплантации металлоконструкции [12, 13].

Большинство современных имплантатов, применяемых для остеосинтеза переломов вертельной области, являются динамическими. В их конструкции заложена опция динамической компрессии под действием силы сокращения мышц и осевой нагрузки, что способствует повышению механической стабильности фиксации отломков и сращению перелома. Однако эта опция эффективна только при восстановлении шеечно-диафизарного угла (ШДУ) и совпадении оси шейки и головки бедренной кости с положением шеечного фиксатора [14].

Основным методом оперативного лечения при вертельных переломах бедренной кости в ГБУЗ ЛО «Всеволожская КМБ» является интрамедуллярный блокируемый остеосинтез проксимальным бедренным стержнем. Этот метод универсален и показан как при остеосинтезе стабильных вертельных переломов типа 31A1, так и при нестабильных переломах типов 31A2 и 31A3. Хорошо изученная техника операции, возможность закрытой репозиции отломков под рентгенологическим контролем в большинстве случаев, высокая стабильность системы «имплантат – кость» при корректной установке металлоконструкции делают этот метод методом выбора

при лечении пациентов даже со сниженной плотностью костной ткани [6, 15, 16].

Однако, несмотря на преимущества внутрикостного остеосинтеза переломов вертельной области, доля осложнений, связанных с имплантатами, после интрамедуллярного остеосинтеза проксимальным бедренным стержнем превышает 50% [17]. Наиболее частое осложнение — прорезывание шеечного фиксатора (cut-out), которое встречается с частотой от 3 до 16% [10, 11, 15]. Прорезывание может сопровождаться варус-коллапсом или медиальной пенетрацией винта в сустав. Еще одним осложнением является схожий по механизму и причинам Z-эффект, который характерен для двухвинтовых конструкций [18]. Переломы имплантатов, миграция стержня, перелом блокирующих винтов, периимплантные переломы, а также неправильное сращение и несращение могут свидетельствовать о биомеханических проблемах в системе «кость – имплантат». Под действием осевой нагрузки происходит нарастание угловой деформации и неконтролируемое смещение шеечного винта в латеральную сторону. В иностранной литературе это явление называется слайдинг (sliding) [15].

Такие факторы, как пол, возраст, тип перелома, качество кости, влияют на частоту неудовлетворительных исходов и должны учитываться оперирующим хирургом, хотя напрямую от него не зависят. В то же время качество операции, адекватный выбор имплантатов и их правильное расположение в кости находятся в зоне ответственности хирурга и контролируются им в процессе предоперационного планирования и остеосинтеза.

По данным ряда авторов, некачественная репозиция и некорректное положение имплантата могут приводить к механическим осложнениям, повторным оперативным вмешательствам и неудовлетворительным исходам лечения пациентов с вертельными переломами [8, 9, 10, 11]. Снизить риск развития осложнений можно за счет интраоперационной оценки и своевременной коррекции рентгенологических параметров операции [9, 12, 19, 20].

*Цель исследования* — оценить варианты положения отломков после фиксации вертельных переломов проксимальным бедренным стержнем на основании разработанных рентгенологических критериев оценки репозиции и определить зависимость качества восстановления анатомии проксимального отдела бедренной кости и положения имплантатов от типа перелома.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

*Тип исследования* — ретроспективное когортное. Были проанализированы первичные рентгенологические результаты лечения 108 пациентов

с переломами вертельной области бедренной кости типа 31А по классификации АО, которым был выполнен блокированный интрамедуллярный остеосинтез проксимальным бедренным стержнем в травмоцентре первого уровня ГБУЗ ЛО «Всеволожская КМБ» с 01 января 2022 г. по 31 декабря 2022 г. Все операции проводились по стандартной методике с применением закрытой репозиции на ортопедическом столе под интраоперационным рентгенологическим контролем

с помощью электронно-оптического преобразователя в прямой и аксиальной проекциях. В исследуемую группу вошли 78 (72,2%) женщин и 30 (27,8%) мужчин. Медиана возраста в группе исследования составила 82,0 года ( $Q_1$ - $Q_3$ : 71–86, min – 30, max – 99).

Пациенты были разделены на группы по типу перелома вертельной области. Группы были сопоставимы по полу ( $p = 0,369$ ) и возрасту ( $p = 0,554$ ) (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристика групп пациентов по полу и возрасту**

| Тип перелома | Количество пациентов | Возраст, Ме (IQR; min–max) | Пол        |            |
|--------------|----------------------|----------------------------|------------|------------|
|              |                      |                            | женский    | мужской    |
| A1           | 53 (49,1%)           | 80 (69–85; 30–99)          | 35 (66%)   | 18 (34%)   |
| A2           | 42 (38,9%)           | 83,5 (72,5–87,0; 37–91)    | 33 (79%)   | 9 (21%)    |
| A3           | 13 (12,0%)           | 83 (70,5–87,0; 59–91)      | 10 (77%)   | 3 (23%)    |
| Всего        | 108 (100%)           | 82 (71–86; 30–99)          | 78 (72,2%) | 30 (27,8%) |

Были проанализированы пред- и послеоперационные рентгенограммы в прямой и аксиальной проекциях. На основании данных литературы были определены следующие рентгенологические критерии оценки качества репозиции костных отломков и положения имплантатов: величина ШДУ, величина угла антеверсии шейки бедренной кости, промежуток в области медиального контакта шейки и метафизарной зоны бедренной кости, характер медиальной опоры, длина шейки и головки бедренной кости в сравнении со здоровой конечностью.

На рентгенограмме в прямой проекции измеряли угол между осью головки и шейки бедренной кости и анатомической осью диафиза бедренной кости – ШДУ. По рентгенограмме в аксиальной (боковой) проекции определяли угол антеверсии шейки и головки бедренной кости, замеряя угол между анатомической осью диафиза бедренной кости (среднедиафизарная линия) и осью шейки бедренной кости (линия, проходящая через середину шейки бедренной кости) [21].

На рентгенограмме в прямой проекции оценивали наличие промежутка в области медиального контакта шейки и метафизарной зоны бедренной кости. Его величину определяли, измеряя расстояние между медиальным кортикалом дистального отломка и нижнемедиальным кортикалом проксимального отломка по линии, параллельной оси шейки бедренной кости [13]. Также на рентгенограмме в прямой проекции оценивали наличие отрицательной медиальной опоры, которая характеризуется захождением медиального кортикала проксимального отломка латеральнее медиального кортикала дистального отломка [12].

Wedge-эффект [22, 23], характеризующийся относительным увеличением длины шейки и головки бедренной кости, измерялся на прямой рентгенограмме по линии, соответствующей оси шейки бедренной кости от верхушки головки до пересечения с наружным кортикалом подвертельной области. Относительное увеличение длины шейки бедренной кости в сравнении с контралатеральной конечностью также измерялось на рентгенограмме в прямой проекции.

Что касается положения имплантатов, позиционирование шеечного винта не выше центра головки на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях считали нормой. Отклонение оси шеечного винта от центрального положения не более ширины его поперечника кверху и кзади, а также более низкое положение винта на прямой рентгенограмме считали допустимым, но только при двухвинтовой системе. Низкое положение винта по основанию шейки при одновинтовой схеме расценивали как неудовлетворительное.

Длину шеечного винта считали корректной, если расстояние от проксимального конца винта до центральной точки суставной поверхности головки бедренной кости составляло не более 1,0 см [8, 24]. Положение винта, при котором происходила его пенетрация в сустав, т.е. выход конца винта за окружность суставной поверхности головки бедренной кости на рентгенограммах в прямой или аксиальной проекциях, признавалось неудовлетворительным. Деротационный винт оценивали с точки зрения параллельности шеечному. Длину деротационного винта определяли только в случае перфорации суставной поверхности головки бедренной кости.

Положение отломков и имплантатов признавали удовлетворительным при условии величины ШДУ более  $125^\circ$ , антеверсии — не более  $20^\circ$ , величины медиального диастаза — не более 10 мм, отсутствия отрицательной медиальной опоры, отсутствия удлинения шейки бедренной кости более 10 мм в сравнении со здоровой конечностью, отсутствия пенетрации шеечного винта за пределы головки бедренной кости. В противном случае положение отломков признавалось неудовлетворительным.

Мы проанализировали долю удовлетворительных и неудовлетворительных рентгенологических результатов в зависимости от типа перелома. Все измерения производили на персональном компьютере в программе RadiAnt DICOM Viewer (Medixant, Польша) с применением опции «линейка».

### Статистический анализ

Массив данных был сформирован в программе Microsoft Excel пакета Microsoft Office 365 (Microsoft Inc., США). Статистический анализ проводился с использованием программы SPSS Statistics v.27 (IBM, США).

Распределения всех количественных переменных оценивались на соответствие закону нормального распределения с помощью критериев Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. По результатам проверки нулевая гипотеза была отклонена, в связи с чем для сравнения количественных переменных применялся непараметрический критерий Краскела–Уоллиса.

Номинальные переменные были представлены в виде таблиц сопряженности. Их анализ проводился с применением критерия  $\chi^2$  Пирсона и двухпропорционного Z-критерия с поправкой Бенджамини–Хохберга для множественных сравнений. Сила связи между переменными оценивалась путем расчета V Крамера. Для четырехпольных таблиц сопряженности рассчитывалось отношение шансов (ОШ) с 95% доверительным интервалом (95% ДИ). Относительные величины представлены в процентах.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные о качестве репозиции и корректности положения имплантата представлены в таблице 2.

У 5 (9,4%) пациентов с переломами типа 31A1 наблюдалось некорректное положение имплантатов. У 2 из них шеечный винт был введен выше оси, а у 3 отмечена недостаточная длина винта. При этом у 2 из этих 5 пациентов, несмотря на ошибки в положении имплантата, репозиция отломков была расценена как удовлетворительная.

В группе переломов типа 31A2 некорректное положение имплантатов отмечено у 6 (14,3%) пациентов: 3 случая непараллельного введения шеечных винтов, 1 случай перфорации хряща головки бедренной кости, 2 случая использования короткого винта.

Наибольшее количество пациентов с неправильным положением фиксатора мы обнаружили в группе с переломами типа 31A3 — 5 (38,4%). Одному пациенту был установлен короткий шеечный винт. В одном случае винт перфорировал головку бедренной кости. У 2 пациентов наблюдалось низкое положение шеечного винта, а у одного — высокое. При этом только у 4 (30,7%) пациентов в этой группе была использована длинная версия металлоконструкции.

Была выявлена связь между типом перелома и качеством репозиции:  $\chi^2 = 9,473$ ;  $p = 0,009$ . Ее сила на основании интерпретации критерия V Крамера ( $V = 0,296$ ) в соответствии с рекомендациям L.M. Rea и R.A. Parker [25] была интерпретирована как средняя.

При попарном сравнении групп установлено, что статистически значимо меньше случаев неудовлетворительной репозиции наблюдалось у пациентов с переломами типа 31A1 ( $p = 0,026$  при сравнении с 31A2 и  $p = 0,011$  при сравнении с 31A3). Было отмечено, что в случае наличия у пациента перелома типа 31A1 вероятность неудовлетворительной репозиции была в 3,5 раза ниже, чем у пациента с переломом 31A2 (ОШ 3,511; 95% ДИ 1,202–10,261), и в 6,7 раз ниже, чем при переломе типа 31A3 (ОШ 6,714; 95% ДИ 1,685–26,752).

Таблица 2

Распределение пациентов по типам переломов и качеству рентгенологической репозиции отломков

| Тип перелома | Количество пациентов | Удовлетворительная репозиция | Неудовлетворительная репозиция | Некорректное положение имплантата |
|--------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 31A1         | 53 (49,1%)           | 47 (88,7%)                   | 6 (11,3%)                      | 5 (9,4%)                          |
| 31A2         | 42 (38,9%)           | 29 (69,0%)                   | 13 (31,0%)                     | 6 (14,3%)                         |
| 31A3         | 13 (12,0%)           | 7 (53,8%)                    | 6 (46,2%)                      | 5 (38,4%)                         |
| Всего        | 108 (100%)           | 83 (76,9%)                   | 25 (23,1%)                     | 16 (14,8%)                        |



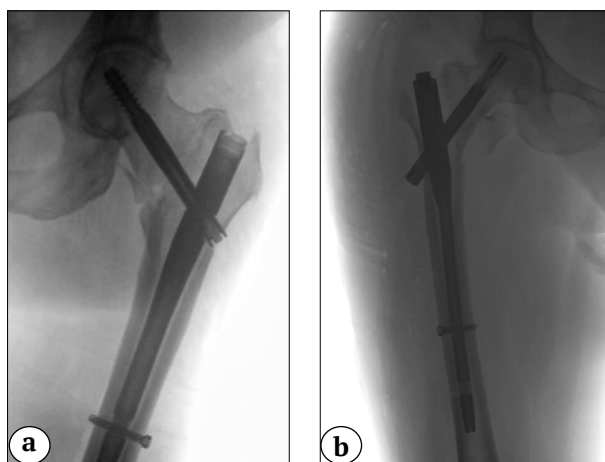
Статистически значимой разницы исследуемых показателей между пациентами с переломами типов 31A2 и 31A3 получено не было.

Была обнаружена статистически значимая связь между типом перелома и положением имплантата:  $\chi^2 = 6,985$ ;  $p = 0,03$ . Установлено наличие связи средней силы на основании интерпретации критерия V Крамера ( $V = 0,254$ ) в соответствии с рекомендациям L.M. Rea и R.A. Parker.

Попарное сравнение групп показало, что у пациентов с переломами типа 31A3 статистически значимо чаще ( $p = 0,027$ ) встречалось некорректное положение имплантатов, чем у пациентов с переломами типа 31A1. При этом вероятность этого события в 6 раз была выше у пациентов с более тяжелыми переломами типа 31A3, чем у пациентов с переломами типа 31A1 (ОШ 6,000; 95% ДИ 1,410–25,528).

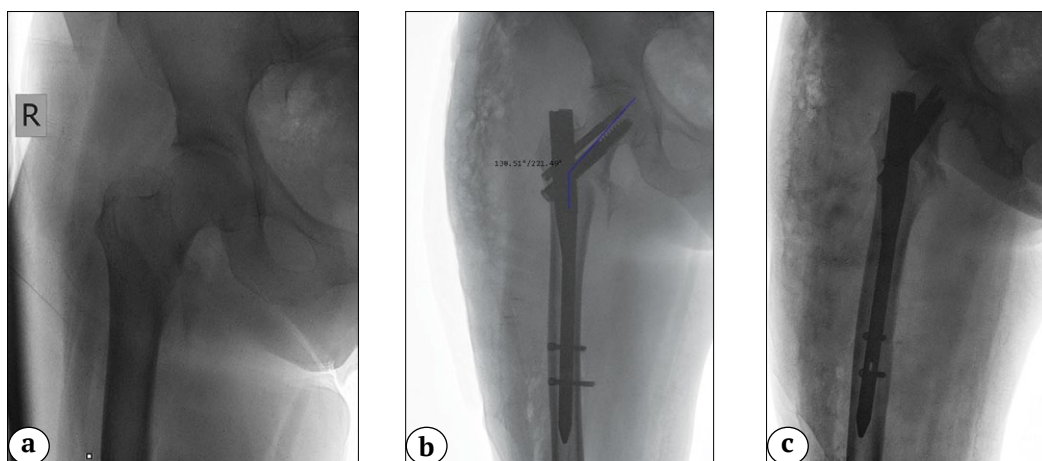
Мы проанализировали все 25 случаев неудовлетворительного положения отломков. Наиболее частой ошибкой репозиции являлось варусное положение проксимального отломка с ШДУ менее  $125^\circ$ , выявленное у 17 пациентов (15,7% от всех 108 пациентов).

Клиновидный эффект, развивающийся при установке стержня и приводящий к латерализации диафизарного отломка и относительному удлинению шейки бедренной кости, был отмечен у 10 пациентов (9,3%) (рис. 1). Патологический медиальный промежуток между отломками более 10 мм наблюдался у 7 (6,5%) пациентов (рис. 2), а признак отрицательной медиальной опоры — у 3 (2,7%) пациентов (см. рис. 1). Выраженное нарушение ротации шейки бедренной кости с увеличением угла антеверсии головки было обнаружено у 3 (2,7%) пациентов.



**Рис. 1.** Ошибки репозиции, встречающиеся при остеосинтезе переломов проксимального отдела бедренной кости:  
а — клиновидный эффект, латерализация диафизарного фрагмента;  
б — варусное положение проксимального отломка, отрицательная медиальная опора, клиновидный эффект с латерализацией диафизарного фрагмента, некорректное положение шейчного фиксатора

**Figure 1.** Reduction errors in the osteosynthesis of the proximal femoral fractures:  
a — wedge effect, lateralization of the diaphyseal fragment;  
b — varus position of the proximal fragment, negative medial support, wedge effect with lateralization of the diaphyseal fragment, incorrect position of the neck screw

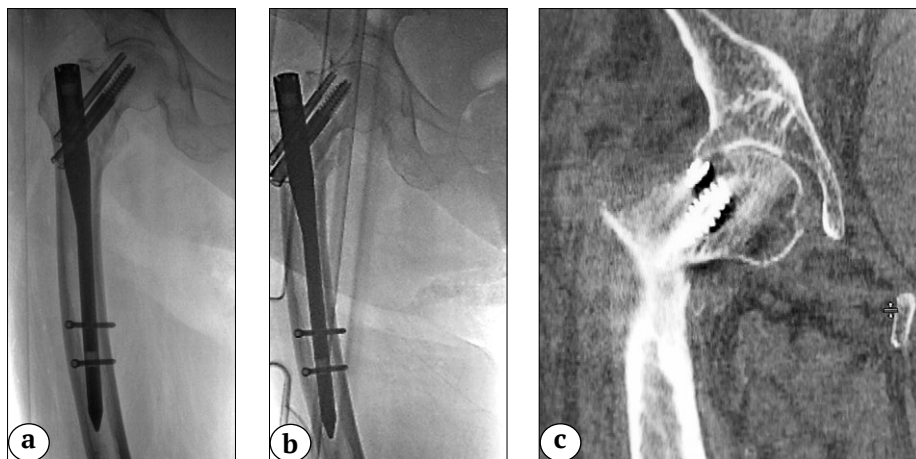


**Рис. 2.** Обратный клиновидный эффект, приводящий к формированию патологического калькарного промежутка:  
а — первичная рентгенограмма; б — рентгенограмма после остеосинтеза;  
с — вальгусное смещение проксимального отломка, обратный клиновидный эффект

**Figure 2.** Reverse wedge effect leading to the formation of a pathological calcar gap:  
a — initial X-ray; б — X-rays after osteosynthesis;  
с — valgus displacement of the proximal fragment, reverse wedge effect

Более подробное изучение данных 16 пациентов с некорректным положением имплантата показало, что первичная перфорация головки бедренной кости шеечным фиксатором произошла у 2 (1,9%) пациентов. У одной (0,9%) пациентки с первичным переломом типа 31A1 и установленным коротким проксимальным бедренным стержнем выявлен перелом латеральной стенки,

переходящий на верхнюю треть диафиза. В случае установки гамма-стержня у 3 (2,8%) пациентов наблюдалось слишком высокое положение шеечного винта, а у 2 (1,9%) — слишком низкое (см. рис. 1 b). У 6 (5,6%) пациентов имплантированный шеечный винт был коротким (рис. 3), а у 3 (2,8%) — шеечный и деротационный винты на рентгенограмме в прямой проекции не были параллельными.



**Рис. 3.** Прорезывание короткого шеечного винта:

а — рентгенограмма в прямой проекции после остеосинтеза;

б — рентгенограмма в прямой проекции через 2,5 мес. после операции;

с — фронтальный срез СКТ через 2,5 мес. после операции, демонстрирующий прорезывание шеечного фиксатора

**Figure 3.** Cut-out of the short neck screw:

a — AP view X-ray after osteosynthesis;

b — AP view X-ray 2.5 months postoperatively;

c — coronal CT 2.5 months postoperatively, demonstrating the cut-out of the neck screw

## ОБСУЖДЕНИЕ

Частота механических осложнений остеосинтеза вертельных переломов, таких как варус-коллапс, миграция и пенетрация имплантатов, несращение, необходимость повторной операции, составляет 4,6–12,4% [26] и увеличивается до 30–50% при ошибках первичного остеосинтеза [10, 17]. Поэтому, с нашей точки зрения, качественно выполненный остеосинтез способствует ранней вертикализации пациента и достижению хорошего результата лечения.

Нестабильные переломы типов 31A2 и 31A3 требуют повышенного внимания, поскольку оперативное лечение таких пациентов, как показало наше исследование, сопряжено с техническими сложностями. Положение имплантата и качество репозиции отломков являются важными индикаторами состоятельности фиксации и риска развития осложнений [19].

Прежде всего оценивается корректность положения винта в головке бедренной кости. Считается, что конец винта должен быть ориентирован по направлению к центру головки бедренной кости в прямой и аксиальной проекциях. В прямой про-

екции при использовании системы с двухвинтовой фиксацией винт может располагаться в нижней трети головки [9, 24]. Многие авторы применяют коэффициент Паркера (Parker's ratio), определяя процентное отношение расстояния от основания головки бедренной кости до винта на рентгенограмме в переднезадней проекции и от задней стенки до винта на рентгенограмме в латеральной проекции [27]. Значение коэффициента Паркера не должно превышать 50% [23], поэтому у 5 (4,6%) пациентов в нашем исследовании позиционирование шеечного винта было признано некорректным (см. рис. 3).

M.R. Baumgaertner с соавторами в 1995 г. предложили критерий TAD (tip-apex distance) как сумму расстояний от верхушки головки бедренной кости до верхнего конца шеечного винта в двух проекциях. Исследовав 198 вертельных переломов, авторы отметили возникновение осложнений в 19 случаях (из них 16 cut-out). На основании полученных данных было определено, что значение TAD не должно превышать 25 мм [8].

P.R. Kuzuk с соавторами предложили на рентгенограмме в прямой проекции измерять CalTAD

(calcar referenced tip-apex distance), представляющий собой расстояние от конца винта до точки пересечения окружности головки бедренной кости с линией, параллельной оси шейки бедренной кости и проходящей через ее основание [28]. Тем самым авторы отдают предпочтение более низкому положению шеечного винта относительно центральной линии шейки. Однако ряд современных авторов не находит статистически значимой взаимосвязи между показателем TAD не более 25 мм и прорезыванием шеечного фиксатора, говоря о том, что при TAD и CalTAD менее 20 мм есть риск пенетрации винта в сустав, особенно при низком положении винта [11]. В нашем исследовании мы ориентировались на положение шеечного винта относительно центра головки бедренной кости и на расстояние от проксимального конца винта до центральной точки суставной поверхности головки, принимая расстояние не более 1,0 см за норму. Если это расстояние было больше, винт признавался коротким или его положение — некорректным, что было отмечено у 6 (5,5%) пациентов.

В трех случаях при использовании двухвинтовой системы винты в головку бедренной кости были введены непараллельно, что могло быть связано с погрешностями инструментария или недостаточно плотной фиксации направляющего устройства при формировании каналов.

Описанные выше показатели являются важными, но не единственными критериями оценки качества репозиции и фиксации переломов. В качестве дополнительных критериев мы выбрали следующие параметры для более полной оценки рентгенологического результата операции: ШДУ и угол антеверсии шейки бедренной кости. Эти параметры определялись на рентгенограммах в прямой и аксиальной проекциях. По данным Л.Н. Соломина с соавторами, средние значения ШДУ составляют 130° (124–136°), угла антеверсии — 170° (165–175°) [21]. Для большей объективности их следует сравнить со значениями на здоровой конечности, которые могут отличаться из-за индивидуальных особенностей пациента.

Поскольку у многих пациентов отсутствовали рентгенограммы здорового сустава, мы считали пограничным значение ШДУ 125°. По данным А. Kashigar с соавторами, есть статистически значимая взаимосвязь между остаточной варусной деформацией и риском возникновения cut-out [10]. В нашем исследовании у 17 (15,7%) пациентов после операции отмечалась остаточная варусная деформация проксимального отдела бедренной кости с ШДУ менее 125°, что, на наш взгляд, чаще всего свидетельствует о некачественно выполненной репозиции.

По данным литературы, допустимая погрешность антеверсии составляет 20° [12, 19]. Как правило, избыточная антеверсия связывается с нецентральной позицией шеечного винта на боковой рентгенограмме, что значительно повышает риск прорезывания [8, 10, 27]. У 3 (2,7%) пациентов мы отметили увеличение антеверсии на боковой рентгенограмме.

### **Формирование медиальной опоры — положительная, нейтральная и отрицательная медиальная опора**

S.M. Chang с соавторами предложили концепцию репозиции вертельных переломов типов 31A1 и 31A2 с положительной медиальной опорой, которая подразумевает устранение смещения в области контакта медиальных кортикалов проксимального и дистального отломков таким образом, чтобы медиальный кортикал проксимального отломка находился несколько медиальнее, а медиальный кортикал дистального отломка — латеральнее. При компрессии между отломками сохраняется опора проксимального отломка на дистальный, что препятствует излишнему смещению проксимального отломка при динамической компрессии шеечного фиксатора под действием осевой нагрузки. В противном случае, если медиальный кортикал дистального отломка будет медиальнее проксимального, опоры между отломками не будет. Это может привести к неконтролируемой медиализации дистального отломка, нарастанию варусной деформации, миграции винтов и их пенетрации в сустав или прорезыванию [12].

Нейтральной опорой принято считать положение, при котором медиальные кортикалы отломков находятся на одной линии. Авторы апробировали эту концепцию в клиническом исследовании, включавшем 127 пациентов. Хирургам удалось добиться репозиции отломков с положительной медиальной опорой у 89 (70%) пациентов. У 26 (20,5%) пациентов репозиция была с нейтральной опорой, у 12 (9,5%) — с отрицательной. Получена статистически значимая разница в нарастании варусной деформации до 8,9° и укорочении шейки до 6,8 мм в группе с отрицательной медиальной опорой. В группе с положительной медиальной опорой отмечались более раннее возвращение пациентов к полной нагрузке, меньший болевой синдром и лучший функциональный результат лечения [12].

Мы считаем эту концепцию обоснованной и удобной для использования, поскольку описанные признаки хорошо различимы на интраоперационных рентгенограммах. В нашем исследовании мы также использовали принцип отрицательной медиальной опоры как один из показателей



качества репозиции отломков. Однако, в отличие от исследования S.M. Chang с соавторами, этот признак был отмечен в нашей группе только у 3 (2,7%) пациентов.

#### **Удлинение шейки, латерализация диафиза — клиновидный эффект**

Впервые клиновидный эффект был описан M.J. O'Malley с соавторами в 2015 г. [22]. Он проявляется латеральным смещением диафиза бедренной кости и характеризуется нарастанием варусной деформации при установке интрамедуллярного стержня (см. рис. 1 а). При этом происходит удлинение шейки бедренной кости и увеличение бедренного офсета, что приводит к возрастанию нагрузки на систему «имплантат – кость» в вертельной области. Это повышает риск несостоятельности фиксации и прорезывания шеечного фиксатора. Кроме того, варусная установка шейки бедренной кости может привести к некачественной репозиции медиальной опоры и некорректному положению винта в головке, что также может приводить к развитию механических осложнений.

Клиновидный эффект широко освещен в литературе [22, 23, 29], встречается достаточно часто и связан, по мнению В.А. Butler с соавторами, с более высокой плотностью кости в верхнелатеральной части шейки бедренной кости по сравнению с большим вертелом. Поэтому во время рассверливания происходит смещение сверла, а затем и стержня в латеральную сторону [29].

S.H. Yen с соавторами в группе из 113 пациентов с вертельными переломами наблюдали среднее уменьшение ШДУ на  $4,16^\circ$  и удлинение бедренного офсета на 5,5 мм. В группе пациентов с последующим прорезыванием уменьшение значения ШДУ составило  $8,9^\circ$ . Также авторы утверждают, что наличие перелома латеральной стенки, как, например, при переломах типа 31A3, является фактором, предрасполагающим к нарастающей варусной деформации [23].

В нашем исследовании мы также отмечали у пациентов наличие клиновидного эффекта, т.е. варусную деформацию и удлинение шейки бедренной кости. Этот рентгенологический признак был обнаружен у 10 (9,3%) пациентов. В связи с этим мы рекомендуем тщательно следить за возникающим в ходе имплантации проксимального бедренного стержня латеральным смещением и руководствоваться рекомендациями, согласно которым репозицию следует выполнять с небольшим вальгусом, медиализируя точку введения стержня и временно удерживая отломки остроконечными костодержателями при введении имплантата в костномозговой канал [23, 29].

#### **Патологический калькарный промежуток**

Y. Zhang с соавторами описали обратный клиновидный эффект, характерный для интрамедуллярного остеосинтеза переломов типов 31A1 и 31A2. При имплантации металлоконструкции происходит импинджмент между стержнем (или сверлом) и проксимальной стенкой шеечного фрагмента, что приводит к внутренней ротации шейки бедренной кости и формированию промежутка в области медиального контакта (см. рис. 2). Авторы сообщают, что этот эффект развивается в 7,97% случаев, а среднее значение промежутка составляет  $9,2 \pm 4,6$  мм [20].

Такое смещение отломков может привести к некорректному позиционированию имплантатов, механическим осложнениям и замедленному сращению перелома. H. Song с соавторами, изучая данный эффект, сделали вывод о том, что значение калькарного промежутка не должно превышать 4,2 мм на прямой и 3,8 мм на боковой рентгенограммах. В противном случае увеличивается риск потери переднемедиальной опоры, что приводит к излишнему слайдингу фрагмента головки и шейки бедренной кости. В группе пациентов, у которых наблюдалась потеря медиальной опоры, в 46 случаях среднее значение промежутка на рентгенограмме в прямой проекции составило 7,09 мм, на боковой — 5,89 мм. В ходе наблюдения были также отмечены варусная деформация более  $10^\circ$  у 10 (21,7%) пациентов и излишний слайдинг более 10 мм — у 8 (17,4%) [13]. В нашем исследовании патологический калькарный промежуток 10 мм и более был выявлен после операции на рентгенограмме в прямой проекции у 7 (6,5%) пациентов.

В случаях межвертельных переломов типа 31A3 многие авторы оценивают целостность латеральной стенки и уделяют внимание ее репозиции в случае повреждения, поскольку сохранение смещения отломков латеральной стенки, а также ее ятрогенный перелом могут привести к развитию осложнений [15, 23]. В более ранней работе С.Е. Hsu с соавторами доказали, что у пациентов с толщиной латеральной стенки менее 20,5 мм при изолированной фиксации динамическим бедренным винтом (Dynamic Hip Screw — DHS) значительно повышается риск перелома фрагмента латеральной стенки и механических осложнений [30].

J. Li с соавторами предложили классификацию вертельных переломов, основанную на данных компьютерной томографии. Они разделили их на пять типов в зависимости от целостности латеральной стенки и сохранения медиальной кортикальной опоры. Первые три типа являются стабильными и характеризуются различной степенью вовлечения медиальной опоры при интактной латеральной стенке. Тип IV характеризуется

частичным, а тип V — полным разрушением латеральной стенки. Оба типа являются нестабильными со склонностью к излишнему слайдингу шеечного винта и медиальному смещению диафиза бедренной кости. При этом тип IV может осложниться ятрогенным переломом латеральной стенки в ходе репозиции и имплантации конструкции, что усугубляет нестабильность [26].

S. Babhulkar с соавторами предложили свою классификацию нестабильных переломов, которые нуждаются в тщательном планировании и обязательном проведении предоперационной КТ для уточнения архитектоники и типа перелома латеральной стенки, заднего межвертельного фрагмента (задней стенки) и фрагмента малого вертела (медиальной колонны). В ходе остеосинтеза авторы рекомендуют точно репонировать эти фрагменты и фиксировать их добавочными серкляжными петлями [15].

В нашем исследовании у двух пациентов с переломами типа 31A3 было выявлено значительное остаточное смещение отломка большого вертела, при этом шеечный винт был проведен через линию перелома латеральной стенки. Еще у 4 пациентов шеечный винт был установлен через линию межвертельного перелома, но первичного смещения фрагмента большого вертела при этом не наблюдалось. В последующем у двух из этих пациентов наблюдался cut-out, потребовавший выполнения реоперации.

В одном случае была выполнена корригирующая остеотомия с повторным остеосинтезом динамическим мышцелковым винтом (Dynamic Condylar Screw — DCS) через 6 мес. после первичной операции. Во втором случае на сроке 7 мес. после остеосинтеза было выполнено удаление интрамедуллярного стержня с последующим тотальным протезированием тазобедренного сустава. Еще у одного пациента был отмечен ятрогенный перелом латеральной стенки без значительного смещения отломков.

Также следует отметить, что лишь у 4 из 13 пациентов с переломом типа 31A3 мы использовали длинную версию интрамедуллярного стержня. Это не является нарушением методики, однако есть публикации, описывающие преимущества длинной версии проксимального бедренного стержня при переломах типов 31A3 и 31A2.3, а также в случае широкого костномозгового канала и при наличии большого «коронарного» фрагмента латеральной стенки [31].

Таким образом, проанализированная нами группа пациентов с переломами вертельной области бедренной кости является достаточно репрезентативной и сопоставимой по полу, возрасту и характеру переломов с группами пациентов, исследуемыми другими авторами [13, 20, 24].

Использованный нами метод оперативного лечения соответствует действующим клиническим рекомендациям.

Анализ рентгенограмм показал, что у большой доли пациентов (23,1%) достигнутое положение отломков и имплантатов является неудовлетворительным. Также наблюдалось прогрессивное ухудшение результатов репозиции и рост доли неудовлетворительных результатов с увеличением тяжести перелома. Так, доля неудовлетворительных рентгенологических результатов первичного остеосинтеза при нестабильных переломах типов 32A2 и 31A3 значительно выше, чем при переломах типа 31A1.

В наиболее многочисленной группе пациентов с переломами типа 31A1 частота ошибок репозиции и позиционирования имплантатов оказалась относительно низкой и была выявлена только у 6 пациентов (11,3%). Это, по-видимому, обусловлено тем, что переломы типа A1 считаются стабильными, так как не сопровождаются выраженной фрагментацией и значительным смещением отломков, а выполнение закрытой репозиции путем тракции и внутренней ротации в большинстве случаев способствует восстановлению анатомических взаимоотношений шейки, головки и метафизарной зоны бедренной кости. Неточная репозиция может быть связана с неправильной точкой введения стержня, латерализацией диафизарного фрагмента и формированием клиновидного эффекта [22] или ошибками предоперационного планирования и некорректным выбором размеров имплантатов.

В группе переломов типа 31A2 частота встречаемости интраоперационных ошибок значительно выше, чем при типе 31A1, и составляет 31%. Это обусловлено нестабильностью перелома ввиду его оскольчатого характера и значительного смещения отломков. В этой группе пациентов встречаются все типы ошибок, выявленные в ходе исследования. Они могут быть связаны с неточной репозицией отломков с сохранением угловой деформации из-за недостаточной тракции и с неустраненной ротацией проксимального отломка, проявляющейся остаточным варусным положением шейки бедренной кости и формированием отрицательной медиальной опоры. При последующей осевой нагрузке это может привести к варус-коллапсу, прорезыванию и миграции имплантатов.

Таким образом, некорректная репозиция отломков приводит к неправильному положению имплантата. В то же время установка металлоконструкции без учета описанных нами эффектов также может приводить к изменению положения отломков, некорректному положению фиксатора, нарушению механизма динамической стабилизации и несращению перелома.

В нашем исследовании частота ошибок в группе пациентов с переломами типа 31A3 также была высока и составила 46,2%. Это связано не только с трудностями репозиции, но и с ошибками выбора имплантатов и техники их установки. Как и в случае переломов типа 31A2, значительное смещение костных фрагментов может нарастать на этапах имплантации интрамедуллярного стержня и бедренного блокирующего винта, которые часто вызывают расхождение отломков, проходя через линию перелома. Возможно, более широкое применение методов прямой закрытой или ограниченно открытой репозиции отломков с временной их фиксацией костодержателями, спицами или серкляжами перед рассверливанием костномозгового канала и установкой стержня может улучшить итоговое положение отломков.

По данным литературы, при переломах типа 31A3 рекомендуется установка длинной версии проксимального бедренного стержня, обладающей

большей стабильностью фиксации и устойчивостью к осевым нагрузкам по сравнению с короткой версией, что позволяет избежать таких осложнений, как «эффект маятника». При широком костномозговом канале может возникать патологическое раскачивание стержня в канале и развиваться патологическая подвижность шеечного винта с его миграцией кнаружи [31].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение критериев интраоперационной рентгенологической оценки качества восстановления анатомии проксимального отдела бедренной кости позволило сделать вывод о том, что при переломах типов 31A2 и 31A3 необходимо уделять особое внимание качеству достигнутой репозиции, выбору имплантата и техническим особенностям его установки. Наряду с совершенствованием алгоритмов предоперационного планирования это позволит добиться более высоких результатов хирургического лечения.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Maierov B.A.* — study concept and design; data acquisition, analysis and interpretation.

*Belen'kiy I.G.* — study concept and design, drafting and editing the manuscript.

*Sergeev G.D.* — data acquisition, analysis and interpretation; drafting and editing the manuscript.

*Endovitskiy I.A.* — data acquisition, analysis and interpretation.

*Sergeeva M.A.* — drafting and editing the manuscript.

*Isakhanyan D.A.* — data acquisition, analysis and interpretation.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Maierov B.A.* — концепция и дизайн исследования; сбор, анализ и интерпретация данных.

*Belen'kiy I.G.* — концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста рукописи.

*Sergeev G.D.* — сбор, анализ и интерпретация данных; написание и редактирование текста рукописи.

*Endovitskiy I.A.* — сбор, анализ и интерпретация данных.

*Sergeeva M.A.* — написание и редактирование текста рукописи.

*Isakhanyan D.A.* — сбор, анализ и интерпретация данных.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Воронцова Т.Н., Богопольская А.С., Чёрный А.Ж., Шевченко С.Б. Структура контингента больных с переломами проксимального отдела бедра и расчет среднегодовой потребности в экстренном хирургическом лечении. *Травматология и ортопедия России*. 2016;(1):7-20. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-7-20.

Vorontsova T.N., Bogopol'skaya A.S., Cherny A.Zh., Shevchenko S.B. Cohort Structure of Patients with Proximal Femur Fractures and Estimation of Average Annual Demand for Emergency Surgical Treatment. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2016;(1):7-20. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-7-20.

2. Bäcker H.C., Wu C.H., Maniglio M., Wittekindt S., Hardt S., Perka C. Epidemiology of Proximal Femoral Fractures. *J Clin Orthop Trauma*. 2021;12(1):161-165. doi: 10.1016/j.jcot.2020.07.001.
3. Park J.W., Ha Y.C., Kim J.W., Kim T.Y., Kim J.W., Baek S.H. et al. The Korean Hip Fracture Registry Study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24(1):449. doi: 10.1186/s12891-023-06546-z.
4. Veronese N., Maggi S. Epidemiology and Social Costs of Hip Fracture. *Injury*. 2018;49(8):1458-1460. doi: 10.1016/j.injury.2018.04.015.
5. Maffulli N., Aicale R. Proximal Femoral Fractures in the Elderly: A Few Things to Know, and Some to Forget. *Medicina (Kaunas)*. 2022;58(10):1314. doi: 10.3390/medicina58101314.
6. Майоров Б.А., Тульчинский А.Э., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Барсукова И.М., Ендовицкий И.А. Лечение пострадавших с чрезвертельными переломами бедренной кости в травмоцентре 1-го уровня Ленинградской области. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021;(3):68-76. doi: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-68-76. Maiorov B.A., Tulchinskii A.E., Belenkii I.G., Sergeev G.D., Barsukova I.M., Endovitskiy I.A. Management of Intertrochanteric Femoral Fractures at Level 1 Trauma Center in Leningrad Region. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021;(3):68-76. (In Russian). doi: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-68-76.
7. Клинические рекомендации «Переломы проксимального отдела бедренной кости (взрослые)» (одобрены Минздравом России), утверждены в 2021. Режим доступа: <https://ator.su/recommendations#!/tab/846022167-2>. Clinical recommendations "Proximal femur fractures (adults)" (approved by Ministry of Health of Russia), affirmed in 2021. Available from: <https://ator.su/recommendations#!/tab/846022167-2>.
8. Baumgaertner M.R., Curtin S.L., Lindskog D.M., Keggi J.M. The Value of the Tip-Apex Distance in Predicting Failure of Fixation of Peritrochanteric Fractures of the Hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77(7):1058-1064. doi: 10.2106/00004623-199507000-00012.
9. Yamamoto N., Tsujimoto Y., Yokoo S., Demiya K., Inoue M., Noda T. et al. Association between Immediate Postoperative Radiographic Findings and Failed Internal Fixation for Trochanteric Fractures: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2022;11(16):4879. doi: 10.3390/jcm11164879.
10. Kashigar A., Vincent A., Gunton M.J., Backstein D., Safir O., Kuzyk P.R. Predictors of Failure for Cephalomedullary Nailing of Proximal Femoral Fractures. *Bone Joint J*. 2014;96-B(8):1029-1034. doi: 10.1302/0301-620X.96B8.33644.
11. Raghuraman R., Kam J.W., Chua D.T.C. Predictors of Failure Following Fixation of Intertrochanteric Fractures with Proximal Femoral Nail Antirotation. *Singapore Med J*. 2019;60(9):463-467. doi: 10.11622/smedj.2019114.
12. Chang S.M., Zhang Y.Q., Ma Z., Li Q., Dargel J., Eysel P. Fracture Reduction with Positive Medial Cortical Support: a Key Element in Stability Reconstruction for the Unstable Pertrochanteric Hip Fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015;135(6):811-818. doi: 10.1007/s00402-015-2206-x.
13. Song H., Chang S.M., Hu S.J., Du S.C., Xiong W.F. Calcar fracture gapping: a reliable predictor of anteromedial cortical support failure after cephalomedullary nailing for pertrochanteric femur fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):175. doi: 10.1186/s12891-021-04873-7.
14. Barla M., Egrise F., Zaharia B., Bauer C., Parot J., Mainard D. Prospective Assessment of Trochanteric Fracture Managed by Intramedullary Nailing with Controlled and Limited Blade Back-Out. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106(4):613-619. doi: 10.1016/j.otsr.2019.11.028.
15. Babhulkar S. Unstable Trochanteric Fractures: Issues and Avoiding Pitfalls. *Injury*. 2017;48(4):803-818. doi: 10.1016/j.injury.2017.02.022.
16. Petrie J., Sassoon A., Haidukewych G.J. When Femoral Fracture Fixation Fails: Salvage Options. *Bone Joint J*. 2013;95-B(11, Suppl A):7-10. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32896.
17. Liu P., Jin D., Zhang C., Gao Y. Revision Surgery due to Failed Internal Fixation of Intertrochanteric Femoral Fracture: Current State-of-the-Art. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):573. doi: 10.1186/s12891-020-03593-8.
18. Werner-Tutschku W., Lajtai G., Schmiedhuber G., Lang T., Pirkl C., Orthner E. Intra- and perioperative complications in the stabilization of per- and subtrochanteric femoral fractures by means of PFN. *Unfallchirurg*. 2002;105(10):881-885. (In German). doi: 10.1007/s00113-002-0416-5.
19. Hao Y., Zhang Z., Zhou F., Ji H., Tian Y., Guo Y. et al. Risk Factors for Implant Failure in Reverse Oblique and Transverse Intertrochanteric Fractures Treated with Proximal Femoral Nail Antirotation (PFNA). *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):350. doi: 10.1186/s13018-019-1414-4.
20. Zhang Y., Hu J., Li X., Qin X. Reverse Wedge Effect Following Intramedullary Nailing of a Basicervical Trochanteric Fracture Variant Combined with a Mechanically Compromised Greater Trochanter. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):195. doi: 10.1186/s12891-020-03212-6.
21. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Кулеш П.Н., Виленский В.А., Корчагин К.Л., Скоморошко П.В. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2012. 48 с. Solomin L.N., Shchepkina E.A., Kulesh P.N., Vilenskii V.A., Korchagin K.L., Skomoroshko P.V. Definition of reference lines and angles of long bones. St. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena; 2012. 48 p. (In Russian).
22. O'Malley M.J., Kang K.K., Azer E., Siska P.A., Farrell D.J., Tarkin I.S. Wedge Effect Following Intramedullary Hip Screw Fixation of Intertrochanteric Proximal Femur Fracture. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015;135(10):1343-1347. doi: 10.1007/s00402-015-2280-0.
23. Yen S.H., Lu C.C., Ho C.J., Huang H.T., Tu H.P., Chang J.K. et al. Impact of Wedge Effect on Outcomes of Intertrochanteric Fractures Treated with Intramedullary Proximal Femoral Nail. *J Clin Med*. 2021;10(21):5112. doi: 10.3390/jcm10215112.
24. Nikoloski A.N., Osbrough A.L., Yates P.J. Should the Tip-Apex Distance (TAD) Rule Be Modified for the Proximal Femoral Nail Antirotation (PFNA)? A Retrospective Study. *J Orthop Surg Res*. 2013;8:35. doi: 10.1186/1749-799X-8-35.



25. Rea L.M., Parker R.A. Designing and Conducting Survey Research. San Francisco, CA: Jossey-Bass; 2005. 283 p.
26. Li J., Tang S., Zhang H., Li Z., Deng W., Zhao C. et al. Clustering of Morphological Fracture Lines for Identifying Intertrochanteric Fracture Classification with Hausdorff Distance-Based K-means Approach. *Injury*. 2019;50(4):939-949. doi: 10.1016/j.injury.2019.03.032.
27. Parker M.J. Cutting-Out of the Dynamic Hip Screw Related to Its Position. *J Bone Joint Surg Br*. 1992;74(4):625. doi: 10.1302/0301-620X.74B4.1624529.
28. Kuzyk P.R., Zdero R., Shah S., Olsen M., Waddell J.P., Schemitsch E.H. Femoral Head Lag Screw Position for Cephalomedullary Nails: A Biomechanical Analysis. *J Orthop Trauma*. 2012;26(7):414-421. doi: 10.1097/BOT.0b013e318229acca.
29. Butler B.A., Selley R.S., Summers H.D., Stover M.D. Preventing Wedge Deformities When Treating Intertrochanteric Femur Fractures with Intramedullary Devices: A Technical Tip. *J Orthop Trauma*. 2018;32(3):e112-e116. doi: 10.1097/BOT.0000000000001033.
30. Hsu C.E., Shih C.M., Wang C.C., Huang K.C. Lateral Femoral Wall Thickness. A Reliable Predictor of Post-Operative Lateral Wall Fracture in Intertrochanteric Fractures. *Bone Joint J*. 2013;95-B(8):1134-1138. doi: 10.1302/0301-620X.95B8.31495.
31. Chang S.M., Hou Z.Y., Hu S.J., Du S.C. Intertrochanteric Femur Fracture Treatment in Asia: What We Know and What the World Can Learn. *Orthop Clin North Am*. 2020;51(2):189-205. doi: 10.1016/j.ocl.2019.11.011.

#### Сведения об авторах

✉ Бельский Игорь Григорьевич — д-р мед. наук  
Адрес: Россия, 192242, г. Санкт-Петербург,  
Будапештская ул., д. 3

<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>

e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Майоров Борис Александрович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>

e-mail: bmayorov@mail.ru

Сергеев Геннадий Дмитриевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>

e-mail: gdsergeev@gmail.com

Ендовицкий Иван Андреевич

<https://orcid.org/0009-0005-1872-639X>

e-mail: sm-dr@mail.ru

Сергеева Мария Александровна

<https://orcid.org/0009-0003-3255-1771>

e-mail: masharik1990@mail.ru

Исаханян Давид Аршакович

<https://orcid.org/0009-0008-2194-8673>

e-mail: isakhanyanda@mail.ru

#### Authors' information

✉ Igor G. Belen'kiy — Dr. Sci. (Med.)

Address: 3, Budapeshtskaya st., St. Petersburg, 192242,  
Russia

<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>

e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Boris A. Maiorov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>

e-mail: bmayorov@mail.ru

Gennadii D. Sergeev — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>

e-mail: gdsergeev@gmail.com

Ivan A. Endovitskiy

<https://orcid.org/0009-0005-1872-639X>

e-mail: sm-dr@mail.ru

Mariya A. Sergeeva

<https://orcid.org/0009-0003-3255-1771>

e-mail: masharik1990@mail.ru

David A. Isakhanyan

<https://orcid.org/0009-0008-2194-8673>

e-mail: isakhanyanda@mail.ru