

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАЛОИНВАЗИВНОЙ РЕПОЗИЦИИ КОСТЕЙ ТАЗА

MODERN TECHNOLOGIES FOR MINIMALLY INVASIVE PELVIC BONE REDUCTION

Егiazарян К.А. Egiазaryan K.A.
Ершов Д.С. Ershov D.S.
Донченко С.В. Donchenko S.V.
Лыско А.М. Lysko A.M.
Юдаев Н.Д. Yudaev N.D.
Гулиева Л.Ш. Gulieva L.Sh.

ФГАОУ ВО «Российский национальный
исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова» Минздрава России,

Pirogov Russian National
Research Medical University,

ГБУЗ «Московский многопрофильный
научно-клинический центр им С.П. Боткина» ДЗМ,
г. Москва, Россия

Moscow Botkin Multidisciplinary
Scientific-Clinical Center,
Moscow, Russia

Цель — оценка эффективности новых технологий в лечении травм таза и их влияния на результаты лечения.

Материалы и методы. Проведен обзор исследований, представленных в электронных базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus и Web of Science, за 2019–2025 гг. Анализировались клинические испытания, касающиеся применения современных технологий в малоинвазивной хирургии тазового кольца, а также навигационные системы.

Результаты. Использование различных высокотехнологичных систем позволяет достичь высокой точности в репозиции переломов и улучшает функциональные результаты у пациентов.

Заключение. Современные технологии, такие как компьютеризированные и смешанные системы навигации, значительно повышают эффективность лечения травм таза, что требует дальнейшего изучения и внедрения в клиническую практику.

Ключевые слова: малоинвазивная хирургия таза; травма таза; Matta Frame; Starr Frame; компьютерная навигация; роботизированная хирургия

Objective — to evaluate the effectiveness of new technologies in the treatment of pelvic injuries and their impact on treatment outcomes.

Materials and methods. A review of studies published in PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science electronic databases for 2019–2025 was conducted. Clinical trials on the use of modern technologies in minimally invasive pelvic ring surgery, as well as navigation systems, were analyzed.

Results. The use of various high-tech systems allows for high precision fracture reduction and improves functional outcomes in patients.

Conclusion. Modern technologies, such as computerized and mixed navigation systems, significantly improve the effectiveness of pelvic trauma treatment, which requires further study and implementation in clinical practice.

Keywords: minimally invasive pelvic surgery; pelvic trauma; Matta Frame; Starr Frame; computer navigation; robotic surgery

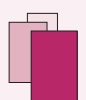
Травмы костей таза представляют собой значимую медицинскую проблему, требующую комплексного подхода. Повреждение тазового кольца — серьезная травма с высокими показателями смертности: от 4,1 до 9,1 % [1]. Отмечается большой процент (от 30 до 66,7 %) инвалидизации после тяжелой травмы таза [2].

Несмотря на развитие хирургических методов лечения повреждений таза, во многих лечебных учреждениях предпочтение отдается консервативной терапии. Подобная тактика становится причиной большого числа неудовлетворительных исходов — до 38,5 %, а в случаях вертикально нестабильных переломов частота непра-

вильного сращения или несращения возрастает до 55–75 %. Неустраненное смещение заднего полукольца, превышающее 1 см, как правило, приводит к неудовлетворительным исходам [3]. Открытая хирургия, является традиционным методом лечения, однако частота послеоперационных осложнений достигает 25 %, включая инфекции, значительное повреждение мягких тканей, длительное восстановление, повышенный риск гипостатических осложнений; большинство этих осложнений связано с хирургической агрессией [4, 5]. Несмотря на это, хирургическое лечение на ранних этапах, является методом выбора при нестабильных переломах тазового кольца. А.Ф. Лаза-

рев и соавт. отмечают, что если при выполнении операции в первые 3 недели с момента травмы (до формирования зрелого рубца) хороших и отличных результатов возможно достичь примерно в 80 % случаев, то при вмешательстве, проведенном более чем через 3 недели, этот показатель составляет всего 65 % [2, 6, 7].

Малоинвазивные методы становятся все более популярными благодаря сокращению времени восстановления, снижению уровня болевого синдрома и меньшему количеству послеоперационных осложнений. Показаниями для малоинвазивной фиксации таза являются переломы с нарушением целостности тазового кольца с ми-



Для цитирования: Егiazарян К.А., Ершов Д.С., Донченко С.В., Лыско А.М., Юдаев Н.Д., Гулиева Л.Ш. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАЛОИНВАЗИВНОЙ РЕПОЗИЦИИ КОСТЕЙ ТАЗА //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 1. С. 112-120.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/626>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-1-112-120

нимальным смещением, переломы, смещение которых можно устранить закрытым способом, а также сложные переломы, требующие комбинации методов закрытой и открытой репозиции. Однако следует отметить, что минимально инвазивный и минимально травматичный перкутанный остеосинтез канюлированными винтами имеет не только преимущества, но и некоторые ограничения, такие как активный инфекционный процесс в области перелома, повреждения и осаднения кожи в области проведения винтов, сложность закрытой репозиции [8, 9].

В настоящее время при разрывах тазового кольца все чаще используется методика перкутанной фиксации винтами. Последняя предполагает использование специальных инструментов, которые вводятся в кость через небольшие разрезы на коже (до 1 см) в условиях рентгенологического контроля. Эти инструменты используются для репозиции костей, а окончательная стабилизация достигается при помощи канюлированных винтов, введенных также через небольшие проколы на коже. Успешная перкутанная фиксация требует, чтобы хирурги достигли и поддерживали адекватную репозицию отломков во время введения канюлированного винта.

Проведение канюлированных винтов является технически сложной и длительной процедурой, требующей высокой квалификации хирурга, в связи со сложной анатомией тазовых костей, близостью органов малого таза и сосудисто-нервных пучков. Во всех случаях репозиция перелома достигается за счет давления или тракции руками хирурга с помощью специальных инструментов: штифтов, крючков, пикадоров, которые вводятся в отломки. Необходимо значительное усилие со стороны хирурга и ассистентов для репозиции костей таза, поскольку деформирующие силы, действующие на отломки, связаны с мышцами бедра, живота и спины. Особую проблему составляют застарелые переломы в связи с образованием рубцов между отломками. Пока хирург или ассистент хирурга проводит репозицию, другой хирург должен аккуратно провести направляющую спицу, по которой будет проходить канюлированный винт. Неправильное расположение спицы или винта может привести к повреждению окружающих нервов, сосудов

или внутренних органов. Точность установки металлофиксаторов зависит от правильной рентгеноскопической визуализации в нескольких проекциях. Таким образом, в состав хирургической бригады входят несколько хирургов или ассистентов, нацеленных на проведение и достижение идеальной репозиции; пока один хирург сосредоточен на точном и быстром проведении направляющей спицы и винта в костный коридор, опытный оператор-рентгенолог выводит точные проекции на электронном оптическом преобразователе для контроля расположения металлофиксаторов и отломков.

Точная репозиция является необходимым условием для оптимального размещения винтов. Однако из-за сложности анатомического строения таза процесс закрытой репозиции невозможно контролировать напрямую. Следовательно, успех закрытой репозиции зависит от определенной доли везения. Иногда используется скелетное вытяжение за бедренную или большеберцовую кость для низведения отломков. Существуют также специальные ортопедические столы с дистракционным устройством для конечностей. Однако одноплоскостного продольного вытяжения часто бывает недостаточно для достижения адекватной репозиции. Большинство переломов таза не смещается в одной плоскости. Продольная тяга может обеспечить репозицию грубых смещений, но в большинстве случаев необходима многоплоскостная коррекция. Поскольку ортопедические столы не позволяют зафиксировать интактные части таза, усилие продольного вытяжения часто приводит к недопустимому наклону таза. Исследователями в области тазовой хирургии были изобретены различные системы для фиксации пациентов к хирургическому столу и закрытой малоинвазивной репозиции отломков, которые будут обсуждены в данной статье.

Цель обзора — оценка эффективности новых технологий в лечении травм таза и их влияния на результаты лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование представляет собой систематизированный нарративный обзор литературы, посвященной современным технологиям

малоинвазивной репозиции и остеосинтеза костей таза.

Поиск источников осуществлялся в электронных базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus и Web of Science. В обзор включались публикации, вышедшие преимущественно за последние 5 лет (2019–2025 гг.), что соответствует современному этапу развития технологий в хирургии таза. Дополнительно анализировались фундаментальные работы более раннего периода, имеющие методологическое или историческое значение для понимания эволюции подходов.

Поисковая стратегия включала комбинации следующих ключевых слов и терминов (MeSH и свободный поиск): pelvic fracture, pelvic ring injury, minimally invasive reduction, pelvic reduction frame, Matta Frame, Starr Frame, computer-assisted surgery, navigation, robot-assisted surgery, mixed reality.

Критерии включения: клинические исследования, проспективные и ретроспективные серии случаев; метаанализы и систематические обзоры; публикации, оценивающие эффективность репозиционных систем и технологий; работы, содержащие количественную оценку результатов (точность репозиции, функциональные исходы, осложнения).

Критерии исключения: единичные клинические наблюдения без анализа результатов; экспериментальные исследования без клинической апробации; публикации, не касающиеся этапа репозиции тазового кольца.

Для каждого включенного исследования анализировались тип применяемой технологии, дизайн исследования, численность выборки, показатели эффективности репозиции (шкалы Matta, Majeed, Harris), частота осложнений и функциональные исходы. Полученные данные были подвергнуты качественному сравнительному анализу с целью выявления преимуществ и ограничений различных технологий.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАЛОИНВАЗИВНОЙ РЕПОЗИЦИИ КОСТЕЙ ТАЗА

Механические репозиционные системы

Рама Matta

Тазовая рама (Well Hip Fixation Frame, OSI, Юнион, Сити, Калифорния), разработанная Джоном Маттом, представляет собой систему для репози-

ции и остеосинтеза, которая позволяет хирургу проводить малинвазивные манипуляции. Это простая металлическая рама, которая крепится к боковой части ортопедических столов ProFx (OSI) или Jackson. Имеются 2 фиксирующие планки на разных уровнях, совместимые с системами внешней фиксации диаметром 8 или 10 мм. В первую очередь устраняется смещение задней части таза в положении лежа на животе с вытяжением поврежденной ноги. Сначала фиксируется заднее тазовое полукольцо, затем пациента переворачивают и при необходимости осуществляют фиксацию переднего полукольца. В некоторых случаях также можно производить репозицию без изменения положения тела пациента. Концепция фиксации с помощью 2 штифтов была выбрана для простоты и ограничения количества разрезов со здоровой стороны; применение 2 штифтов зарекомендовало себя удовлетворительно. Выбор расположения штифтов сводится к созданию максимально стабильной конструкции: учитываются прочность костей таза, небольшое расстояние от кожных покровов до кости (желательно) и расстояние между двумя штифтами (большее расстояние лучше контролирует ротацию).

Ключевыми преимуществами данной системы являются относительная простота конструкции и воспроизводимость методики, что позволяет сократить время операции и снизить физическую нагрузку на хирургическую бригаду. В клинических исследованиях показано, что применение рамы Matta ассоциировано с достижением удовлетворительной или анатомической репозиции у большинства пациентов, а хорошие и отличные функциональные результаты по шкале Harris достигаются в среднем у 80–85 % больных [10]. Шкала Harris — это оценочный инструмент для определения функциональных возможностей тазобедренного сустава, она включает 4 категории: боль, функция, деформация, объем движений.

В то же время система имеет ряд ограничений. В некоторых случаях требуется изменение положения пациента (из положения лежа на животе в положение лежа на спине) для фиксации переднего и заднего полукольца, что усложняет хирургическую тактику и может увеличивать продолжитель-

ность вмешательства. Кроме того, возможности многоплоскостной коррекции смещения ограничены конструктивными особенностями системы.

Репозиционная система К.А. Le-faivre и А.Ж. Starr (Starr Frame)

Starr Frame — это инновационная система, предназначенная для малоинвазивной репозиции и остеосинтеза костей таза. Starr Frame состоит из двух полуколец из углеродного волокна, которые крепятся к операционному столу и с помощью винтов Шанца фиксируются к пациенту. Манипулируя винтами и закрепляя их на каркасе, можно добиться постепенной репозиции таза, возможно фиксировать репозиционные инструменты к самой раме для поддержания точной репозиции, что позволяет хирургу точно позиционировать и стабилизировать кости таза пациента во время операции. Вертикальное смещение устраняется благодаря скелетному вытяжению. Переднезаднее смещение устраняется с помощью внешнего фиксирующего штифта, прикрепленного к передней нижней ости подвздошной кости. При достижении удовлетворительной фиксации штифты фиксируются к каркасу и выполняется чрескожная фиксация заднего полукольца таза. Затем происходит фиксация переднего полукольца открытым или чрескожным методом. Конструкция рамы позволяет хирургу

производить репозицию костей таза без необходимости в широком хирургическом доступе, что минимизирует травматизацию окружающих тканей и снижает риск осложнений.

Устройство Starr Frame защищено патентом, который описывает его уникальные конструктивные особенности и методику использования в хирургии. Патент охватывает инновационные аспекты конструкции, включая механизмы регулировки и фиксации, которые делают устройство универсальным и эффективным инструментом для лечения переломов таза.

Существенным преимуществом Starr Frame является возможность поддержания достигнутой репозиции без необходимости постоянного ручного усилия со стороны хирурга или ассистентов, что создает оптимальные условия для выполнения перкутанной фиксации. В клинических сериях показано, что использование Starr Frame позволяет достичь успешной репозиции нестабильных переломов таза в 85–90 % случаев, с низкой частотой остаточного смещения и осложнений [11–13].

Система особенно эффективна при вертикально нестабильных повреждениях тазового кольца, где традиционные методы закрытой репозиции оказываются недостаточно результативными. Ограничениями остаются техническая сложность методики и не-

Рисунок 1
Фото Ramma Matta во время операции [10]
Figure 1
Photo of Ramma Matta during surgery [10]



обходимость специального оборудования, что может сдерживать ее широкое внедрение.

В целом Starr Frame представляет собой значительное достижение в области травматологии, предлагая хирургам надежный и малоинвазивный метод лечения сложных переломов таза.

Методики закрытой репозиции с использованием unlocking reduction device

В статье Н. Chen и соавт. [14] описывается метод закрытого восстановления при нестабильном одностороннем вертикальном смещении тазового кольца. Авторы предлагают технику закрытого восстановления с использованием усовершенствованной репозиционной системы Starr. Они разработали и применили технику, включающую использование специального устройства для репозиции (framed-based unlocking reduction device (FBURD)), что позволило добиться значительных успехов в восстановлении анатомической целостности тазового кольца у пациентов с подобными травмами. В процессе лечения проводили тщательную диагностику состояния пациента, используя рентгенографию и компьютерную томографию (КТ) для точного определения степени смещения. Затем на основе полученных данных авторы определяли оптимальную точку для приложения силы с целью устранения смещения и восстановления тазового кольца. Применение FBURD позволило точно и контролируемо воздействовать на область смещения, способствуя восстановлению анатомической позиции тазового кольца. Постоянный мониторинг положения тазового кольца с помощью рентгенографии во время процедуры обеспечивал возможность корректировки действий в реальном времени, что повышало эффективность лечения. Авторы отметили, что предложенная техника закрытого восстановления продемонстрировала высокую эффективность. У пациентов удалось успешно восстановить анатомическую позицию тазового кольца, что способствовало улучшению клинических исходов и сокращению времени восстановления. В сериях наблюдений у 90–100 % пациентов достигалась удовлетворительная или анатомическая репозиция без увеличения частоты осложнений. Эти данные свидетельствуют о расширении пока-

Рисунок 2

Изображение применения технологии Starr Frame с тракцией за бедренную кость (URL: www.starrframe.com)

Figure 2

Image of the Starr Frame technology in use with femoral traction (URL: www.starrframe.com)



заний к закрытой репозиции даже при сложных вариантах повреждений таза [15].

Компьютер-ассистированные и навигационные технологии

Компьютер-ассистированные системы обеспечивают более точное позиционирование отломков и уменьшение травматизации тканей. L.-H. Zhang и соавт., а также другие исследователи описывают инновационную технику репозиции костей таза с использованием компьютер-ассистированной системы репозиции [16, 17]. Вся конструкция состоит из двух больших боковых дуг (рис. 3 (1)), которые используются для фиксации неповрежденного сегмента таза винтами шанца, и двух меньших боковых дуг (рис. 3 (2)), которые используются для сое-

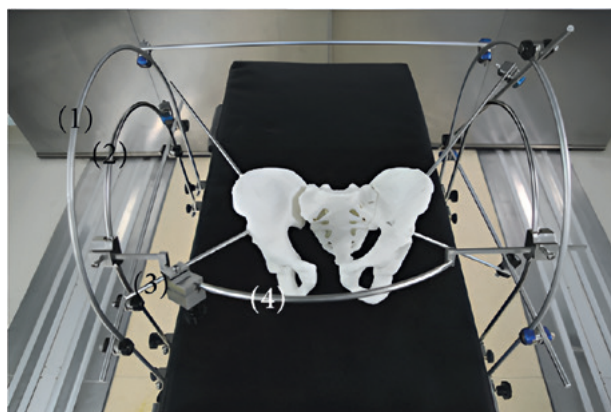
динения и фиксации поврежденного полукольца. Фактическое положение поврежденного полукольца таза регулируется винтом Шанца (рис. 3 (3)), также называемым концевым эффектором системы, который может скользить по передней дуге (рис. 3 (4)) и вращаться вокруг центра передней дуги. Передняя дуга соединяет двусторонние меньшие боковые дуги и может скользить по ним. Когда передняя дуговая балка скользит по меньшим двусторонним боковым дуговым балкам, конечный узел может вращаться вокруг центра меньшей боковой дуговой балки в поперечном направлении [17]. После сборки всей конструкции выполняют интраоперационную КТ, после чего с помощью специального программного обеспечения создается 3D-модель таза и конструкции. Затем

Рисунок 3

Изображение компьютер-ассистированной системы для репозиции [17]

Figure 3

Image of a computer-assisted repositioning system [17]



выполняется виртуальная репозиция костей таза, а полученные расчеты уже используются в фактической репозиции при помощи скользящих зажимов и винта Шанца, после чего полученный результат контролируют при помощи КТ. После достижения анатомически правильного положения отломков выполняется фиксация с помощью стандартных малоинвазивных хирургических методов.

Исследования, проведенные авторами, показали, что использование компьютер-ассистированной рамы для репозиции таза значительно улучшает точность и эффективность процедуры, сокращает время операции, снижает риски осложнений. Пациенты, прошедшие лечение с использованием данной техники, демонстрировали хорошие функциональные результаты и быстрое восстановление.

Применение таких технологий обеспечивает более высокую точность восстановления анатомии таза, сокращение времени рентгеноскопического контроля и снижение лучевой нагрузки. По данным клинических исследований, использование компьютер-ассистированных систем позволяет достичь хороших и отличных результатов по шкалам Matta и Majeed в 85–90 % случаев. Основными ограничениями остаются высокая стоимость оборудования и необходимость специальной подготовки персонала.

Смешанная реальность и роботизированные технологии

В клиническом случае, представленном Y. Peng [18] и соавт., использовалась система Star Frame в сочетании с системой хирургии Da Vinci для лечения перелома таза с повреждением сакрального нерва. В этом клиническом случае были представлены результаты лечения женщины с переломом таза тип C по Tile с неврологической недостаточностью в правой нижней конечности. Винты в крестцово-подвздошные суставы были введены под контролем компьютерной навигации после малоинвазивной репозиции при помощи системы Star Frame. При помощи рамы с компьютерной навигацией создается трехмерная модель анатомии пациента, что позволяет хирургу точно планировать и выполнять операцию с минимальным вмешательством. После операции было выполнено контрольное КТ-исследование, по данным ко-

торого отмечено хорошее положение металлофиксаторов и костных отломков. Однако при многоплоскостной компьютерной реконструкции перед отверстием S1 было обнаружено большое количество рубцовой ткани, которая компрессировала нерв. Неврологические симптомы, проявляющиеся в виде нарушения чувствительности и хронической боли в правой нижней конечности, не поддавались в течение 6 месяцев консервативной терапии. В результате 2 лет наблюдения было принято решение о хирургическом лечении. Исследование крестцового нерва и невролиз были выполнены с помощью хирургической системы Da Vinci в условиях общей анестезии в положении лежа на спине, через проколы на коже. При ревизии S1 (сакральный нерв на уровне первого поясничного позвонка) было обнаружено большое количество рубцовой ткани перед крестцовым отверстием S1. Для освобождения нерва рубцы были удалены. На следующий день после операции пациентка сообщила, что онемение и боль прошли. Через 3 дня пациентка была выписана и вернулась к работе. Авторы считают, что система Da Vinci хорошо подходит для декомпрессии поврежденных крестцовых нервов. Использование комбинации Starr Frame и роботизированной системы очень перспективно, но пока мало изучено.

В сочетании с репозиционными системами, такими как Starr Frame, смешанная реальность (MR — mixed reality, объединение виртуальной и настоящей реальности) способствует более точной коррекции смещений и оптимальному позиционированию металлофиксаторов. Однако большинство публикаций в данной области представляют собой технические описания или ограниченные клинические серии, что не позволяет пока сделать окончательные выводы о преимуществе метода над традиционными навигационными системами.

В статье J. Li и соавт. [19] представлена новая технология, объединяющая MR и хирургическую навигацию для помощи в репозиции и фиксации переломов таза с использованием техники закрытой репозиции с использованием системы Starr Frame. Смешанная реальность в контексте хирургии таза представляет собой технологию, которая объединяет виртуальные компью-

терные изображения на основе данных КТ с реальным хирургическим полем при помощи навигации [20, 21]. Это позволяет хирургам видеть и анализировать анатомические структуры и данные в реальном времени в ходе операции.

В частности, использование MR в хирургии таза может включать:

- наложение компьютерных изображений анатомических структур на реальное изображение операционного поля;
- визуализацию данных медицинских изображений (например, КТ или МРТ) в трехмерном пространстве, что помогает хирургам лучше понять анатомию пациента и спланировать вмешательство;
- интерактивное взаимодействие с виртуальными моделями во время операции для более точного выполнения манипуляций.

Эта технология может значительно улучшить точность и эффективность хирургических процедур, обеспечивая хирургам более полное представление об анатомии пациента и позволяя им более точно взаимодействовать с тканями и структурами во время операции.

Перед началом хирургического вмешательства проводится тщательная подготовка, включая создание трехмерной модели таза пациента на основе данных КТ. Эта модель используется для планирования операции и визуализации анатомии пациента. Во время операции применяется технология смешанной реальности с хирургической навигацией, которая позволяет хирургам видеть трехмерную модель таза пациента в реальном времени наложением на операционное поле. Это обеспечивает более точное представление о расположении костных фрагментов и помогает в планировании репозиции. Для репозиции переломов таза используется система Starr Frame. Это позволяет применять контролируемые силы для восстановления анатомической позиции тазового кольца. Система обеспечивает точное и постепенное воздействие на область перелома. Технология хирургической навигации используется для точного позиционирования инструментов и имплантов во время операции. Это помогает обеспечить правильную фиксацию костных фрагментов и минимизировать риск осложнений. Во время про-

цедуры проводится постоянный мониторинг положения тазовых костей с помощью визуализационных методов, что позволяет убедиться в правильности репозиции и внести необходимые коррективы. После достижения анатомичной репозиции костей таза производится окончательная малоинвазивная фиксация под контролем навигации.

Авторы сообщают о положительных результатах применения новой технологии. Они отмечают, что использование смешанной реальности и хирургической навигации в сочетании с репозиционной системой позволило добиться более точной репозиции и фиксации переломов таза. Это способствовало улучшению клинических исходов и сокращению времени восстановления пациентов. Однако исследователи подчеркивают, что для более точных выводов об эффективности новой технологии требуется проведение дальнейших исследований с участием большего числа пациентов и сравнением с другими методами лечения.

В качестве примера развития полнотью роботизированной репозиции можно привести работу J. Liao и соавт. [22], в которой был применен комплекс, объединяющий репозици-

онного робота и навигационную систему для лечения переломов типа В по системе Tile. В течение исследуемого периода с января 2022 г. по февраль 2023 г. в стационар были госпитализированы 10 пациентов, среди которых преобладали мужчины. Возраст участников варьировался от 30 до 71 года, а средний возраст составил 45,5 года. Основные причины травм включали дорожно-транспортные происшествия, удары тяжелыми предметами и падения с высоты.

Для лечения использовался инновационный подход, включавший закрытую коррекцию положения отломков с помощью репозиционного робота и фиксацию костных структур с использованием навигации. На основе данных КТ создавалась трехмерная модель таза пациента. Хирург планировал оптимальные траектории для репозиции и установки имплантатов. Роботизированные манипуляторы выполняли репозицию костных фрагментов под контролем хирурга, следуя заранее спланированным траекториям. Система навигации обеспечивала визуализацию в реальном времени, помогая хирургу точно позиционировать инструменты. Такой метод позволил минимизировать инвазивность

процедуры и обеспечить более точное положение костных отломков.

Результаты исследования показали, что в 90 % случаев качество репозиции было оценено как отличное или хорошее по шкале Matta и Majeed [23]. Время операции и объем кровопотери оставались в приемлемых пределах, а использование рентгеноскопии было сведено к минимуму. У всех пациентов в срок от 11 до 14 недель произошла консолидация переломов. Впоследствии функция тазобедренного сустава у всех пациентов была оценена как отличная или хорошая.

Таким образом, исследование подтвердило, что использование редукционного и навигационного роботов в лечении переломов таза типа В обеспечивает высокую безопасность, эффективность и удобство, что делает данный метод перспективным в области тазовой хирургии.

Роботизированные комплексы для репозиции и фиксации переломов таза демонстрируют высокую точность и воспроизводимость результатов. В клинических сериях с использованием репозиционных и навигационных роботов качество репозиции оценивалось как хорошее или отличное в 90 % случаев, при низкой частоте осложне-

Рисунок 4

Изображение установки LC-2 под контролем компьютерной навигации и рентгенографии:

а) интраоперационный вид с использованием системы «noitom»; б) виртуальный косой вид подвздошной кости; в) косая проекция подвздошной кости на рентгенографии; д) виртуальный вид сверху на таз; е) рентгенография входа, на которой видно смещение в крестцово-подвздошном суставе. 1 — сверло с трекером, 2 — виртуальное сверло, 3 — сверло и винт на рентгенографии (адаптировано из [18])

Figure 4

Image of LC-2 placement under computer navigation and radiographic control: a) intraoperative view using the «noitom» system; b) virtual oblique view of the ilium; c) oblique projection of the ilium on radiographic imaging; d) virtual top view of the pelvis; e) inlet radiographic imaging showing displacement in the sacroiliac joint. 1 — drill with tracker, 2 — virtual drill, 3 — drill and screw on radiographic imaging (adapted from [18])

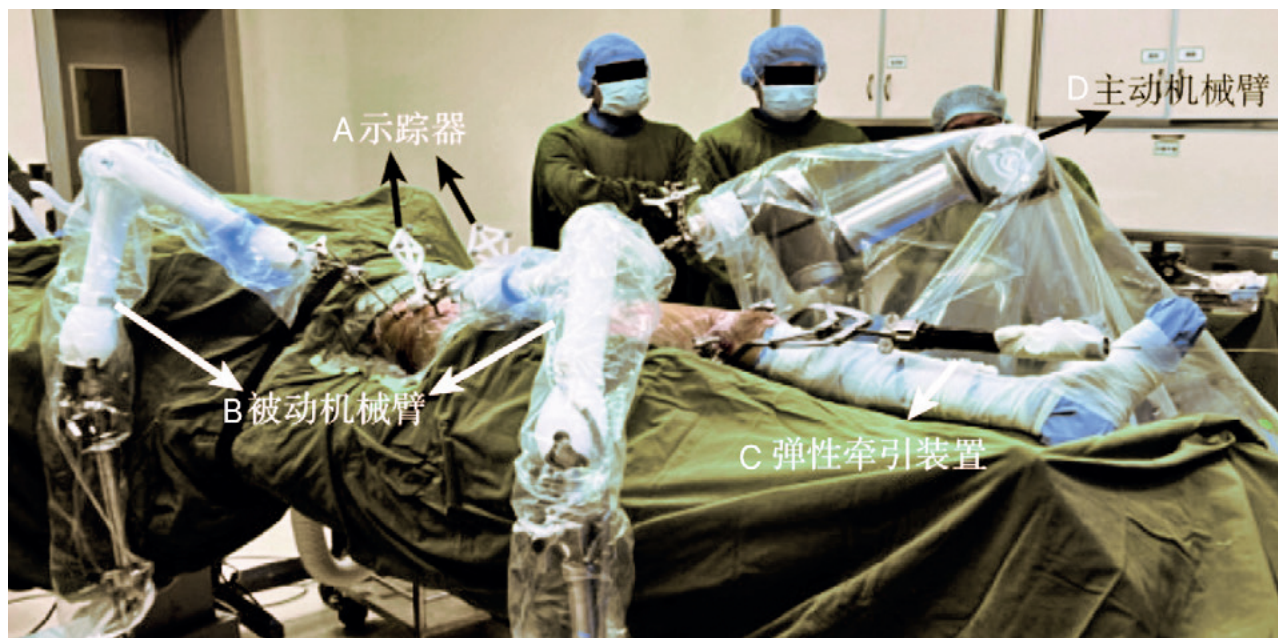


Рисунок 5

Изображение работы репозиционного робота: а) навигационные стержни; б) пассивные роботические руки, удерживающие репозицию; с) дистракция за мыщелки бедренной кости; d) активная роботическая рука, указывающая направление винтов [21]

Figure 5

Illustration of the reduction robot in action: a) navigation pins; b) passive robotic arms maintaining reduction; c) distraction for the femoral condyles; d) active robotic arm indicating the direction of the screws [21]



ний. Тем не менее высокая стоимость и ограниченная доступность подобных систем на данный момент ограничивают их применение специализированными центрами.

ОБСУЖДЕНИЕ

Современное развитие хирургии переломов таза характеризуется переходом от травматичных открытых вмешательств к технологиям, направленным на снижение хирургической агрессии при сохранении или повышении точности репозиции. Анализ литературных данных показывает, что механические репозиционные системы, такие как Matta Frame, по-прежнему остаются актуальными благодаря своей доступности и клинической эффективности, однако их возможности ограничены при сложных многоплоскостных смещениях.

Системы типа Starr Frame и их модификации расширили потенциал закрытой репозиции, позволив контролируемо устранять даже вертикальные смещения тазового кольца. Наиболее значимым преимуществом данных технологий является стабильное удержание достигнутой репозиции, что критически важно при выполнении перкутанной фиксации.

Компьютер-ассистированные и навигационные технологии обеспечивают дальнейшее повышение точности и воспроизводимости результатов, однако их применение требует значительных ресурсов. Роботизированные системы и технологии смешанной реальности в настоящее время следует рассматривать как перспективные направления, находящиеся на этапе клинической апробации.

Таким образом, выбор репозиционной технологии должен быть индивидуализирован с учетом типа перелома, выраженности смещения, сроков травмы и технических возможностей медицинского учреждения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные технологии малоинвазивной репозиции костей таза демонстрируют существенный прогресс по сравнению с традиционными методами лечения, позволяя снизить хирургическую агрессию и улучшить функциональные результаты у пациентов с повреждениями тазового кольца.

Механические репозиционные системы, такие как рама Matta, остаются эффективным и относительно доступным инструментом для коррекции смещений, однако их применение

ограничено необходимостью изменения положения пациента и меньшими возможностями многоплоскостной коррекции. Система Starr Frame и ее модификации обеспечивают более точную и стабильную закрытую репозицию при нестабильных переломах таза, что подтверждается высокой долей удовлетворительных и хороших клинических исходов, особенно при вертикальных смещениях.

Компьютер-ассистированные, навигационные и роботизированные технологии представляют собой наиболее передовое направление развития хирургии таза, обеспечивая высокую точность репозиции, снижение лучевой нагрузки и воспроизводимость результатов. Однако их широкое внедрение в клиническую практику в настоящее время ограничено высокой стоимостью, технической сложностью и недостаточным количеством крупных сравнительных исследований.

Таким образом, выбор технологии малоинвазивной репозиции должен основываться на типе перелома, степени смещения, сроках травмы и ресурсных возможностях клиники. На сегодняшний день наибольшую клиническую обоснованность имеют репозиционные системы механического типа

с элементами навигации, тогда как логики смешанной реальности следует полностью роботизированные и техно- рассматривать как перспективные, но требующие дальнейшей клинической валидации.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Papakostidis C, Kanakaris NK, Kontakis G, Giannoudis PV. Pelvic ring disruptions: treatment modalities and analysis of outcomes. *Int Orthop*. 2009; 33:329–338.
- Zagorodniy NV, Kolesnik AI, Lazarev AF, Solod EI, Ochurenko AA, Bukhtin KM, et al. Modern trends in surgical treatment of patients with pelvic and acetabulum injuries (literature review). *Genius of Orthopedics*. 2020; 26(2):266–274. Russian (Загородний Н. В., Колесник А. И., Лазарев А. Ф., Солод Э. И., Очуренко А. А., Бухтин К. М. и др. Современные тенденции в оперативном лечении больных с повреждениями таза и вертлужной впадины (обзор литературы) // *Гений ортопедии*. 2020. Т. 26, № 2. С. 266–274.)
- Lazarev AF, Gudushauri YaG, Kostiv EP, Solod EI, Kakabadze MG, Roskidaylo AS. Clinical aspects of complications of pelvic injuries. *Pacific Medical Journal*. 2017; (1):17–23. Russian (Лазарев А. Ф., Гудушаури Я. Г., Костив Е. П., Солод Э. И., Какабадзе М. Г., Роскидайло А. С. Клинические аспекты осложнений повреждений таза // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2017. № 1. С.17–23.)
- Kellam JF, McMurtry RY, Paley D, Tile M. The unstable pelvic fracture. Operative treatment. *Orthop Clin North Am*. 1987;18(1):25–41.
- Routt ML Jr, Simonian PT, Swiontkowski MF. Stabilization of pelvic ring disruptions. *Orthop Clin North Am*. 1997;28:369–388.
- Lazarev AF, Solod EI, Gudushauri YaG, Kakabadze MG, Stoyukhin SS, Sakharlykh IN. Problems of treatment of acetabulum fractures. *Bulletin of Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov*. 2013; (4):81–85. Russian (Лазарев А. Ф., Солод Э. И., Гудушаури Я. Г., Какабадзе М. Г., Стоюхин С. С., Сахарных И. Н. Проблемы лечения переломов вертлужной впадины // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова*. 2013. № 4. С. 81–85.)
- Egiazaryan KA, Starchik DA, Gordienko DI, Lysko AM. Current state of the problem of treating patients with ongoing intrapelvic bleeding due to unstable pelvic ring injuries. *Polytrauma*. 2019; (1):75–81. Russian (Егизарян К. А., Старчик Д. А., Гордиенко Д. И., Лыско А. М. Современное состояние проблемы лечения пациентов с продолжающимся внутритазовым кровотечением вследствие нестабильных повреждений тазового кольца // *Политравма*. 2019. № 1. С. 75–81.)
- Solod EI, Lazarev AF, Lazarev AA, Gudushauri YaG, Kakabadze MG, Roskidailo AS, et al. Possibilities of surgical treatment of acetabular fractures using minimally invasive technologies. *Bulletin of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova*. 2009; 16(2):3–9. Russian (Солод Э. И., Лазарев А. Ф., Лазарев А. А., Гудушаури Я. Г., Какабадзе М. Г., Роскидайло А. С. и др. Возможности оперативного лечения переломов вертлужной впадины с использованием малоинвазивных технологий // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2009. Т. 16, №2. С. 3–9. DOI:10.17816/vto20091623-9.)
- Donchenko SV, Egiazaryan KA, Prokhorov AA, Shabunin AV, Rubtsov AD, Nemnonov AM. The use of 3D technologies in minimally invasive surgery for pelvic bone injuries. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2025; 31(2):45–56. Russian (Донченко С. В., Егизарян К. А., Прохоров А. А., Шабунин А. В., Рубцов А. Д., Немнонов А. М. Использование 3D-технологий в мини-инвазивной хирургии травм костей таза // *Травматология и ортопедия России*. 2025. Т. 31, № 2. С. 45–56. DOI: 10.17816/2311-2905-17638.)
- Matta JM, Yerasimides JG. Table-skeletal fixation as an adjunct to pelvic ring reduction. *J Orthop Trauma*. 2007;21(9):647–656. DOI: 10.1097/BOT.0b013e31809810e5.
- Lefavre KA, Starr AJ, Reinert CM. Reduction of displaced pelvic ring disruptions using a pelvic reduction frame. *J Orthop Trauma*. 2009;23(4):299–308. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181a1407d.
- Xu L, Xie K, Zhu W, Yang J, Xu W, Fang S. Starr frame-assisted minimally invasive internal fixation for pelvic fractures: simultaneous anterior and posterior ring stability. *Injury*. 2023; 54 (Suppl 2):S15–S20. DOI: 10.1016/j.injury.2022.02.025.
- Lindsay A, Tornetta P 3rd, Diwan A, Templeman D. Is Closed reduction and percutaneous fixation of unstable posterior ring injuries as accurate as open reduction and internal fixation? *J Orthop Trauma*. 2016;30(1):29–33. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000418.
- Chen H, Zhang Q, Wu Y, Chang Z, Zhu Z, Zhang W, et al. Achieve closed reduction of irreducible, unilateral vertically displaced pelvic ring disruption with an unlocking closed reduction technique. *Orthop Surg*. 2021;13(3):942–948. DOI: 10.1111/os.12958.
- Chen J, Zhang Z, Weng Y, Yu Z, Sun R, Zhang Y. Pelvic unlocking closed reduction device for treatment of severe traumas combined with pelvic fractures: a retrospective case series of 13 patients. *BMC Surg*. 2025;25(1):456. DOI: 10.1186/s12893-025-03199-8.
- Zhang LH, Zhao JX, Zhao Z, Su XY, Zhang LC, Zhao YP, et al. Computer-aided pelvic reduction frame for anatomical closed reduction of unstable pelvic fractures. *J Orthop Res*. 2016;34(1):81–87. DOI: 10.1002/jor.22987.
- Zhao JX, Zhang LC, Su XY, Zhao Z, Zhao YP, Sun GF, et al. Early experience with reduction of unstable pelvic fracture using a computer-aided reduction frame. *Biomed Res Int*. 2018;2018:7297635. DOI: 10.1155/2018/7297635.
- Peng Y, Zhang W, Zhang G, Wang X, Zhang S, Ma X, et al. Using the starr frame and Da Vinci surgery system for pelvic fracture and sacral nerve injury. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):29. DOI: 10.1186/s13018-018-1040-6.
- Li J, Qi L, Liu N, Yi C, Liu H, Chen H, et al. A new technology using mixed reality surgical navigation with the unlocking closed reduction technique frame to assist pelvic fracture reduction and fixation: technical note. *Orthop Surg*. 2023;15(12):3317–3325. DOI: 10.1111/os.13874.
- Teatini A, Kumar RP, Elle OJ, Wiig O. Mixed reality as a novel tool for diagnostic and surgical navigation in orthopaedics. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2021;16(3):407–414. DOI: 10.1007/s11548-020-02302-z.
- Heining SM, Raykov V, Wolff O, Alkadhi H, Pape HC, Wanner GA. Augmented reality-based surgical navigation of pelvic screw placement: an ex-vivo experimental feasibility study. *Patient Saf Surg*. 2024;18(1):3. DOI: 10.1186/s13037-023-00385-6.
- Liao J, Dai Y, Wu Z, Zeng Y, Li C, Wang X, et al. Effectiveness of reduction robot combined with navigation robot-assisted minimally invasive treatment for Tile type B pelvic fractures. *Zhongguo Xue*

Сведения об авторах:

Егиазарян К.А., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), г. Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>

Ершов Д.С., к.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), г. Москва, Россия.

Донченко С.В., к.м.н., заведующий отделением травматологии ГБУЗ ММНЦ им. С.П. Боткина ДЗМ, г. Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-3341-7446>

Лыско А.М., к.м.н., ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), г. Москва, Россия.

Юдаев Н.Д., аспирант кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), г. Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-7245-0153>

Гулиева Л.Ш., студент ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), г. Москва, Россия. <http://orcid.org/0009-0003-4566-2585>

Адрес для переписки:

Юдаев Никита Дмитриевич, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, г. Москва, Россия, 117513
E-mail: n.iudaev@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 01.12.2025

Рецензирование пройдено 16.12.2025

Подписано в печать 30.01.2026

Information about authors:

Egiazaryan K.A., MD, PhD, professor, chief of department of traumatology, orthopedics and military field surgery, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>

Ershov D.S., candidate of medical sciences, associate professor, head of academic department of traumatology, orthopedics and military field surgery, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia.

Donchenko S.V., candidate of medical sciences, chief of traumatology unit, Moscow Botkin Multidisciplinary Scientific-Clinical Center, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-3341-7446>

Lysko A.M., candidate of medical sciences, assistant of department of traumatology, orthopedics and military field surgery, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia.

Yudaev N.D., postgraduate, department of traumatology, orthopedics and military field surgery, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7245-0153>

Gulieva L.Sh., student, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia. <http://orcid.org/0009-0003-4566-2585>

Address for correspondence:

Yudaev Nikita Dmitrievich, Ostrovityanova St., 1, building 9, Moscow, Russia, 117513
E-mail: n.iudaev@yandex.ru

Received 01.12.2025

Review completed 19.12.2025

Passed for printing 30.01.2026

