

ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ ПЕРЕЛОМОВ КРЕСТЦА: СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ ОБЗОР

APPROACHES TO THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF SACRAL FRACTURES: A SYSTEMATIC REVIEW

Комаров В.И. Komarov V.I.
Рябых С.О. Ryabykh S.O.
Гринь А.А. Grin A.A.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России,

г. Курган, Россия,

Научно-исследовательский клинический институт педиатрии им. акад. Ю.Е. Вельтищева ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России,

г. Москва, Россия,

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России,

г. Тюмень, Россия

National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics,

Kurgan, Russia,

Scientific Research Clinical Institute of Pediatrics named after Academician Yu.E. Veltishchev,

Moscow, Russia,

Tyumen State Medical University,

Tyumen, Russia

Частота повреждений таза в целом и крестца в частности не имеет тенденции к снижению и связана с высокоэнергетической травмой. Кроме того, нарастает количество остеопоротических переломов крестца у пациентов пожилого возраста. При этом имеющаяся информация свидетельствует об отсутствии внутриэкспертного консенсуса по тактике и методам лечения пациентов с травмой крестца и ее последствиями.

Цель — провести систематизированный обзор литературы с анализом современных подходов к диагностике и лечению переломов крестца. Изучить эпидемиологию травмы, биомеханику заднего полукольца таза, а также применяемые методы лечения.

Материалы и методы. Поиск материалов осуществлялся по базам данных PubMed, eLIBRARY.RU по запросам: «sacral fractures», «sacroiliac screw», «spinopelvic stabilization», «lumbopelvic fixation» и их русскоязычной интерпретации. Глубина поиска — 11 лет (2011–2022 гг.)

Результаты. Было найдено 5367 публикаций, из них 3174 — за исследуемый временной период, после применения критериев включения осталось 178 оригинальных публикации, прошедших скрининг. Для анализа полного текста статей было отобрано 120 публикаций. После прочтения полнотекстовых статей 75 было включено в данный обзор.

Заключение. Большинство случаев переломов крестца связано с высокоэнергетической травмой. Изолированные переломы крестца встречаются редко, однако отмечается увеличение доли остеопоротических переломов у пожилых пациентов. Клиническая диагностика зачастую затруднена из-за тяжести состояния пациентов, а рентгенография ограничена по чувствительности (50 %) и уступает КТ (88 %) и МРТ (98 %). Наиболее используемыми классификациями являются Tile и Young-Burgess, принятые ASIF/OTA. Широко используются для описания повреждений крестца классификации Denis и Roy-Camille, отражающие риски неврологических осложнений из-за их высокой частоты. Отсутствие общепринятой классификации, отражающей все аспекты травмы крестца, затрудняет формирование единого подхода к лечению пациентов с данной патологией. Прослеживается тенденция к малоинвазивной фиксации повреждений

The incidence of injuries to the pelvis in general and the sacrum in particular does not tend to decrease and is associated with high-energy trauma. The number of osteoporotic fractures of the sacrum in elderly patients is also increasing. At the same time, the information indicates the absence of an internal expert consensus on tactics and methods of treatment of patients with sacral injury and its consequences.

Objective — to conduct a systematic review of the literature with an analysis of modern approaches to the diagnosis and treatment of sacral fractures. To study aspects of injury frequency, biomechanics of the posterior pelvic semicircle, as well as the applied treatment methods.

Materials and methods. The materials were searched through PubMed, and eLibrary databases for the following queries: "sacral fractures", "sacroiliac screw", "spinopelvic stabilization", "lumbopelvic fixation" and their russian interpretation. The search interval — 11 years (2011–2022).

Results. 5,367 publications were found by queries, of which 3,174 were found during the time period under study. After applying the inclusion criteria, 178 original publications were screened. 120 publications were selected to analyze the full text of the articles. After reading the full-text articles, 75 were included in this review.

Conclusion. Most cases of sacral fractures are associated with high-energy trauma. Isolated sacral fractures are rare, but there is an increase in the proportion of osteoporotic fractures in elderly patients. Clinical diagnosis is often difficult due to the severity of the patient's condition, and radiography is limited in sensitivity (50 %) and inferior to CT (88 %) and MRI (98 %). The most used classifications are Tile and Young-Burgess, accepted by ASIF/OTA. Denis and Roy-Camille classifications are widely used to assess sacral injuries, due to the high frequency of neurological complications. The lack of a generally accepted classification reflecting all aspects of sacral injury makes it difficult to form a unified approach to the treatment of patients with this pathology. There is a tendency to minimally invasive fixation of sacral injuries. However, this tactic requires high training from the surgeon and is associated with the



Для цитирования: Комаров В.И., Рябых С.О., Гринь А.А. ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ ПЕРЕЛОМОВ КРЕСТЦА: СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ ОБЗОР //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2025. № 2. С. 77-87.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/564>

DOI: 10.24412/1819-1495-2025-2-77-87

крестца. Однако данная тактика требует высокой подготовки у хирурга и сопряжена с риском ятрогенных осложнений. Эффективность лечения с позиции отдаленных функциональных результатов остается малоизученным вопросом.

Ключевые слова: травма тазового кольца; перелом крестца; илиосакральное блокирование; позвоночно-тазовая фиксация; транспедикулярная фиксация

risk of iatrogenic complications. The effectiveness of treatment from the perspective of long-term functional results remains a little-studied issue.

Keywords: pelvic ring injury; sacral fracture; iliosacral blockage; vertebral-pelvic fixation; transpedicular fixation

Травма костей таза в целом и переломы крестца в частности сохраняют статус серьезной проблемы в травматологии и реконструктивной ортопедии. Это определяется рядом причин:

- нарастанием частоты и тяжести травмы заднего полукольца таза как при высоко-, так и при низкоэнергетической травме;
- неврологической симптоматикой, которая часто сопровождает травму крестца и обуславливает потерю пациентами трудоспособности;
- сочетанным повреждением внутренних органов и крупных сосудов при высокоэнергетическом механизме травмы, осложненным гемодинамической нестабильностью и гиповолемическим шоком. Исключением являются остеопоротические переломы у пожилых пациентов, характеризующиеся низкоэнергетическим механизмом повреждения;
- отсутствием внутриэкспертного консенсуса по тактике и методам лечения пациентов с травмой таза как в острый период, так при последствиях повреждений.

Поиск ответов на эти вопросы определил мотивацию и **цель работы** авторов — провести систематизированный обзор литературы с оценкой современных подходов к диагностике и лечению переломов крестца.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Стратегия поиска и отбора литературных данных

Поиск материалов осуществлялся по базам данных PubMed, eLIBRARY.RU по запросам: «sacral fractures», «sacroiliac screw», «spino-pelvic stabilization», «lumbopelvic fixation» и их русскоязычной интерпретации. Глубина поиска — 11 лет (2011–2022 гг.) Критерии включения: полнотекстовые работы; тематика в рамках специальности травматология и ортопедия; соответствие работ уровню доказатель-

ности 1–4 (по UK Oxford, версия 2009) — мета-анализы, клинические наблюдения, рандомизированные исследования, систематизированные и несистематизированные обзоры, анализ серии случаев. Критерии исключения: иной временной период публикации, тематика лечения сопутствующей патологии, описание единичных случаев, отсутствие доступа к полному тексту публикации.

На первом этапе проводился отбор публикаций по ключевым словам. Было найдено 5367 публикации, из них 3174 — за исследуемый временной период. На втором этапе оценивали абстракты статей и исключали публикации, не соответствующие критериям включения. После применения «фильтра» осталось 178 оригинальных публикации. Для анализа полного текста статей были отобраны 120 публикаций. На третьем этапе просматривали полный текст отобранных статей на соответствие критериям

включения и список литературы на наличие релевантных исследований (рис. 1). После прочтения полнотекстовых статей 75 было включено в данный обзор.

Ограничения исследования

В рамках данного исследования проводился поиск иностранной литературы по единственной базе данных. Эффективность лечения с позиции отдаленных функциональных результатов остается малоизученным вопросом. Основными причинами этого является сложность или невозможность проведения сравнительного анализа из-за множества вариантов повреждения таза, сравнительной редкости травмы, разнообразия методик и малых выборок с отдаленными результатами лечения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

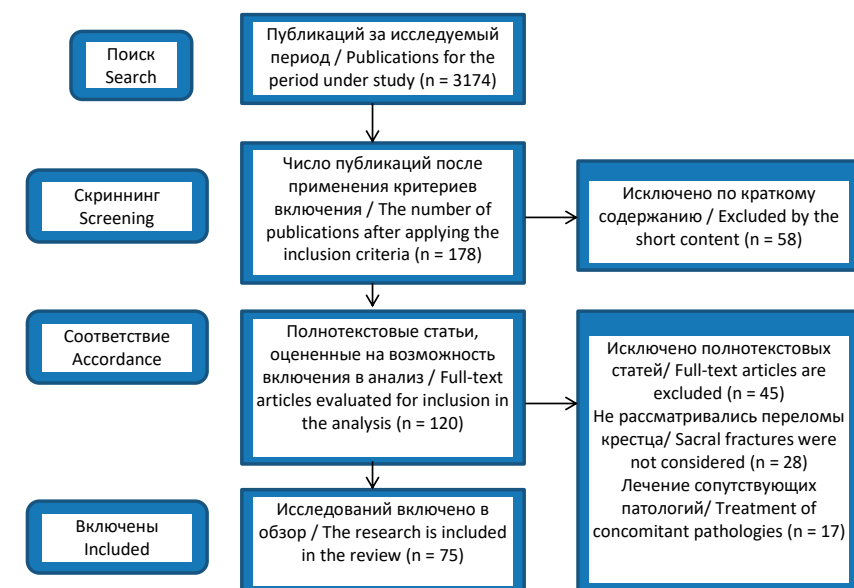
Результаты анализа литературы сведены в тематические блоки: (1)

Рисунок 1

Блок-схема поиска и отбора публикаций для систематизированного обзора

Figure 1

A block diagram of the search and selection of publications for a systematic review



частота и возрастные особенности травм крестца; (2) анатомические аспекты травмы; (3) классификация; (4) методы диагностики; (5) методы лечения; (6) результаты, осложнения, функциональные исходы.

Частота и возрастные особенности

Встречаемость переломов крестца находится в пределах 0,82–2,1 случая на 100 000 человек и составляет около 3 % от всех переломов скелета [1–4]. Как правило, переломы крестца развиваются в результате высокоэнергетической травмы, падения с высоты или дорожно-транспортных происшествий [1, 5–11]. В подавляющем большинстве случаев они являются составной частью сочетанной и множественной травмы [1, 5, 6, 8, 12–14]. Среди сопутствующих повреждений опорно-двигательной системы наиболее распространены переломы других костей таза — 44–50 % [6, 15], позвоночника — 25–31 % [6, 9, 15], однако при поперечных переломах крестца сопутствующие повреждения позвоночного столба достигают 62 %

[5], черепа или головного мозга — 11,5 % [6, 15]. При повреждении органов брюшной полости чаще всего поражаются печень, селезенка и почки, урогенитальные поражения встречаются с частотой от 15 до 40 % [8, 9] (рис. 2).

Половина случаев переломов крестца сопровождается неврологическими нарушениями [5], диагностика которых может быть затруднена либо невозможна у пациентов в тяжелом состоянии [6]. Изолированные переломы крестца встречаются с частотой до 5 % [2]. Как правило, травма низкоэнергетическая и возникает у лиц с остеопорозом [1, 2, 7, 16] (рис. 2). Отчетливо прослеживается тенденция увеличения частоты остеопоротических переломов крестца как результат увеличения продолжительности жизни населения [2]. Нарушение стабильности тазового кольца при травме задних отделов таза остается серьезной клинической проблемой [3, 17]. Однако основной причиной смертности (летальности) при переломах таза является кровотечение, обусловленное повреждением крупных артерий и венозных сплетений [8, 18].

Анатомические особенности

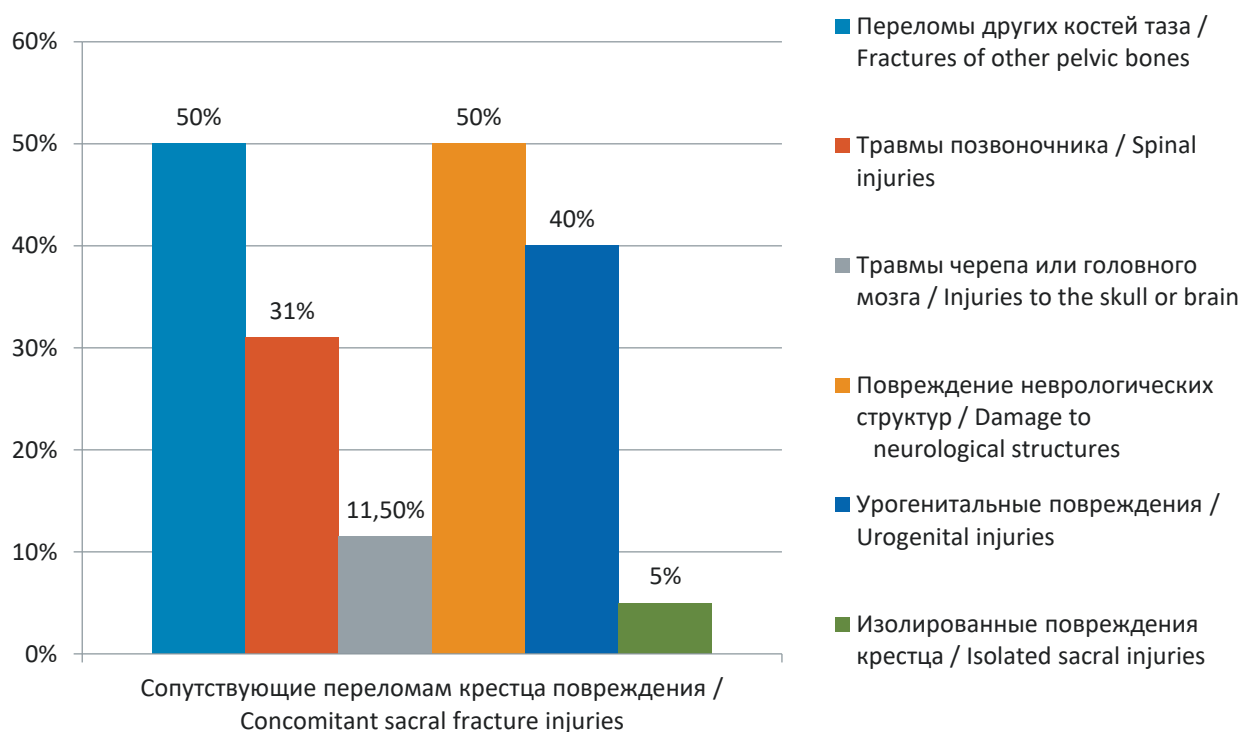
Крестец представляет собой отдел позвоночника, состоящий из 5 позвонков, которые в процессе онтогенеза, срастаясь вместе, образуют единую структуру с кифотическим углом наклона от 10 до 90° [3, 15, 19]. Осевая нагрузка тела перераспределяется от позвоночного столба на крестец, отсюда через крестцово-подвздошные сочленения — к нижним конечностям [2, 18]. Задние отделы обеспечивают до 60 % стабильности тазового кольца [1, 17]. Дополнительную прочность придает мощный связочный аппарат [9, 17]. L5–S1 является переходом от позвоночного столба к тазовому кольцу [20]. Изучение внутренней архитектуры по данным компьютерной томографии (КТ) показало, что наибольшую плотность имеют передние отделы S1 [18]. Это, в свою очередь, обеспечивает наибольшую стабильность фиксации в S1. При необходимости дополнительной стабильности фиксация может быть дополнена проведением винтов в S2, где плотность ниже в среднем на 89 HU [18, 21]. Особое внимание обращает высокая частота встречаемости

Рисунок 2

Частота сопутствующих повреждений при переломах крестца

Figure 2

The frequency of concomitant injuries in sacral fractures



вариантов дисморфизма крестца — 30 % [3]. Это очень важно для предоперационного планирования. При этом анатомические исследования показали, что величины «коридора безопасности», как правило, достаточно для проведения одного винта в S1 даже при наличии дисморфизма [18, 22]. Кроме того, в работах, оценивающих наличие в S1 «костных коридоров», достаточных для проведения одностороннего илиосакрального винта или встречных винтов, на достаточно объемных выборках [22, 23] оценена частота дисморфизма, делающая проведение илиосакральных винтов в S1 невозможным (табл. 1).

Таким образом, в большинстве случаев малоинвазивная фиксация переломов крестца канюлированными винтами возможна, однако из-за вариативности анатомии необходимо тщательно оценивать КТ таза на этапе предоперационного планирования. В случаях остеопоротических переломов это также позволяет оценить плотность костной ткани и выбрать коридоры для наиболее надежной фиксации.

Классификация

Большое разнообразие сопутствующих повреждений, а также вариаций переломов крестца затрудняет классификацию этих повреждений [1]. В основу классификаций исследователями могут

быть взяты различные признаки: энергия травмы [1]; морфология плоскости перелома относительно крестцовой кости: продольные переломы (90 %); высокие или низкие поперечные переломы (3–5 %), комбинированные переломы: U-, H-, T-образные (3–6 %) [1, 2]; по связи с травмами тазового кольца переломы крестца делятся на изолированные (до 10 %) и связанные с травмами таза (до 80–90 %) [15].

Наиболее часто используются классификации Tile и Young-Burgess, принятые ASIF/OTA. Классификация Tail основана на стабильности тазового кольца: тип А — ротационно и вертикально стабильный перелом; тип В — ротационно нестабильный; тип С — ротационно и вертикально нестабильный. Классификация Young-Burgess оценивает механизм травмы: переднезадней компрессии (APC — Anterior Posterior Compression), боковой компрессии (LC — Lateral Compression), вертикального сдвига (VS — Vertical share); комбинированного механизма (CM — combined mechanism) [9, 12, 15, 19, 24, 25]. В дополнение к классификации Young-Burgess всемирным обществом неотложной хирургии (World Society of Emergency Surgery — WSES) была создана классификация с учетом гемодинамики пациента: WSES класс I — перелом стабилен, и пациент

гемодинамически стабилен; WSES II — нестабильные переломы APC, LC, пациент гемодинамически стабилен; WSES III — нестабильные переломы VS и CM, пациент гемодинамически стабилен; тяжелая: WSES IV степени — пациент гемодинамически нестабилен [8].

Специфичными и широко используемыми для оценки повреждений крестца являются классификации Denis и Roy-Camille, в том числе из-за высокой частоты неврологических осложнений [3, 9, 15, 26, 27]. Классификация Denis основана на трехколонной теории строения позвоночника и включает: переломы зоны I (латеральное отверстие) с 6% риском неврологического повреждения, переломы зоны II (через отверстия), которые могут быть гемодинамически нестабильными из-за повреждения латеральной и медиальной крестцовых артерий и имеют риск неврологического повреждения в 28 %, переломы зоны III, при которых риск неврологического повреждения в виде синдрома конского хвоста составляет 56 % [1]. Roy-Camille выделяет 3 типа перелома крестца в зависимости от смещения: тип 1 — переломы с угловым смещением и без смещения по ширине, тип 2 — переломы с угловым смещением и смещением по ширине, тип 3 — переломы со смещением на весь поперечник крестца в сагиттальной плоскости.

Таблица 1
Частота анатомических особенностей, затрудняющих безопасное проведение винта в S1
Table 1
The frequency of anatomical features that make it difficult to safely hold the screw in S1

Публикация Publication	Объем выборки Sample size	Мужчины/ женщины Men/ women	Оцениваемый признак The evaluated feature	Отсутствие необходимого безопасного коридора Lack of necessary safe corridor	Процент Percent
A.J. Suda и соавт. A.J. Suda et al. (2021)	500	Мужчины Men (n = 343)	Наличие коридора в S1, достаточного для одностороннего проведения винта 7,3 мм по данным КТ The presence of a corridor in S1 sufficient for a one-way screw of 7.3 mm according to CT data	Мужчины Men (n = 5)	5/343 (1.5 %)
		Женщины Women (n = 157)		Женщины Women (n = 9)	9/157 (5.73 %)
F. Gras и соавт. F. Gras et al. (2016)	280	Мужчины Men (n = 164)	Наличие в S1 коридора для трансакрального проведения винта 7,3 мм по данным КТ The presence of a corridor in S1 for the transsacral conduction of a 7.3 mm screw according to CT data	Мужчины Men (n = 11)	11/164 (7 %)
		Женщины Women (n = 116)		Женщины Women (n = 19)	19/116 (16 %)

Позже был отдельно выделен тип 4 — оскольчатые переломы в результате компрессии [15, 26, 28].

В связи с ростом частоты переломов, связанных с остеопорозом, отдельно представлена классификация, основанная на стабильности тазового кольца — FFP (Fragility fractures of the pelvis). Выделяют 4 категории с различными подкатегориями в зависимости от локализации повреждений тазового кольца: FFP I — только переломы переднего тазового кольца, FFP II — несмещенные переломы заднего тазового кольца с переломом переднего тазового кольца или без него, FFP III — односторонне смещенные переломы заднего тазового кольца, FFP IV — двусторонне смещенные переломы заднего тазового кольца [12] (рис. 3).

Из всех опубликованных классификаций, касающихся переломов крестца, нами не было найдено классификации, основанной на прошедшем с момента травмы времени, что затрудняет систематизацию подхода к лечению пациентов с застарелой травмой. Отсутствие универсальной классификации не позволяет сформировать единый подход при лечении последствий травм тазового кольца.

Методы диагностики

Диагностика переломов крестца может представлять собой достаточно трудную задачу. В 25–75 % случаев, по данным различных авторов, перелом может быть не распознан либо обнаружен в поздние сроки [1, 2, 5, 29]. Клинически заподозрить наличие перелома позволяет характерная неврологическая симптоматика [2], при ее отсутствии переломы крестца своевременно диагностируются только у 51 % пациентов [5]. В то же время определение наличия либо отсутствия стабильности тазового кольца является достоверным физикальным методом, позволяющим диагностировать переломы крестца при острой травме [3]. Разные методы лучевой диагностики имеют различную чувствительность. Первичным инструментальным исследованием у травматологических пациентов является рентгенография пораженного сегмента.

В случаях переломов крестца чувствительность метода составляет около 50 % [1, 5, 29]. Из-за анатомических особенностей крестца и его ориентации в пространстве в целях повышения точности рентгенографии необходимо выполнение снимков в трех проекциях: прямая проекция, вход в таз, выход из таза [1, 30]. В качестве дополнительной опции рекомендована рентгенография таза в боковой проекции [2, 3]. Рентгенография в прямой проекции может показать перелом поперечного отростка L5, который встречается у 61 % пациентов с переломами крестца, что укажет на необходимость дополнительного обследования. [5].

Следующим этапом диагностики у пациентов с подозрением на перелом крестца является КТ [2, 5, 8, 9, 12]. Чувствительность метода достигает 88 % [1]. КТ таза с трехмерной реконструкцией может использоваться как для определения тактики лечения, так и предоперационного планирования [6, 8, 9, 15, 19, 31–33]. Контрастирование во время КТ помогает диагностировать сопутствующие повреждения [8].

Наиболее точным методом лучевой диагностики, с чувствительностью до 98 %, является магнито-резонансная томография (МРТ) [1, 3, 6, 12], которая также позволяет проводить диагностику сопутствующих

повреждений органов и нервных структур при острой травме таза [3, 19, 31–34]. При этом МРТ не часто применяется в рутинной практике из-за относительной малодоступности метода [3, 9].

С учетом высокой частоты своевременно недиагностированных переломов крестца, низкой чувствительности наиболее часто используемых методов, не всегда явной клинической картины требуется с осторожностью относиться к пациентам, чей анамнез позволяет заподозрить перелом крестца. Необходимость использования высокочувствительных методов диагностики в таких случаях не вызывает сомнений.

Методы лечения

При переломах крестца применяются методы как консервативного, так и хирургического лечения [1, 5, 9, 24, 35]. Показаниями к оперативному лечению являются нестабильность, значительное смещение, повреждение тазового кольца или неврологический дефицит [1–3, 8, 9, 24, 36–38]. Временная стабилизация в ранние сроки с момента травмы соответственно протоколам Damage Control позволяет достичь гемостаза, снизить риск вторичного повреждения и уменьшить болевой синдром [24, 39]. Однако при переломах, отягощенных значительным смещением или неврологическими

Рисунок 3

Частота остеопоротических переломов крестца

Figure 3

The frequency of osteoporotic fractures of the sacrum



повреждениями, требуется ранняя окончательная репозиция с декомпрессией нервных корешков и фиксация [3, 6, 9, 15, 40, 41]. В ранние сроки после травмы возможна закрытая репозиция на тракционном столе [10, 34]. Ряд авторов отмечают необходимость осуществления окончательной репозиции и фиксации в течение двух недель с момента травмы [34, 42].

Наиболее распространенные методы фиксации переломов крестца — наkostная пластина, илиосакральные винты, фиксация спинальными системами [6, 7, 15, 33, 43]. Илиосакральная фиксация винтами в настоящее время является наиболее используемой методикой и описана в большинстве работ, посвященных переломам крестца. [6, 12, 18, 21, 24, 34, 44–47]. Методика хорошо изучена и имеет различные вариации в зависимости от клинической ситуации. Традиционно винты проводятся через подвздошную кость в тело S1 [12, 18, 21, 47, 48]. При необходимости дополнительной стабильности винты могут быть проведены также в S2, реже — S3 [21, 45, 46, 48–51]. Другими вариантами увеличения

жесткости фиксации являются двусторонняя фиксация и трансакральное проведение винта [4, 12, 21, 26, 52–54]. Увеличение частоты использования илиосакральных винтов как метода оперативного лечения привело к попыткам использования роботизированных техник и систем навигации для упрощения вмешательства и снижения частоты осложнений [33, 34, 44, 49, 52, 53, 55–57]. Однако проблемы технической сложности, высоких требований к навыкам хирурга и высоких рисков ятрогенных повреждений остаются актуальны [57, 58]. В этих работах авторы указывают на сокращение длительности оперативного вмешательства и меньшую частоту осложнений, но эти методики на сегодняшний день не получили широкого распространения, а объем выборок в этих исследованиях ограничен. Ряд авторов оценивает в качестве фиксатора трансакральную пластину [59].

Альтернативным или дополнительным методом к использованию илиосакральных винтов применяется пояснично-тазовая фиксация с использованием спинальных систем транспедикулярной и тазовой

фиксации [3, 6–8, 15, 26, 33, 43, 49, 60–64]. Некоторые авторы отмечают большую эффективность спинальных систем либо комбинации методов так называемого триангулярного остеосинтеза при наличии сопутствующей травмы, неврологической симптоматики, что обуславливает необходимость декомпрессии при нестабильности поясничного отдела позвоночника (рис. 4) [6, 37, 63–69].

Активно изучаются преимущества репозиционных возможностей при использовании полиаксиальных винтов и стабильности фиксации при остеопоротических переломах крестца [11, 63]. Рост частоты остеопоротических переломов привел к появлению метода сакропластики метилметакрилатным цементом. В комбинации с илиосакральным блокированием это позволяет частично компенсировать дефицит костной массы и увеличить жесткость фиксации [3, 12].

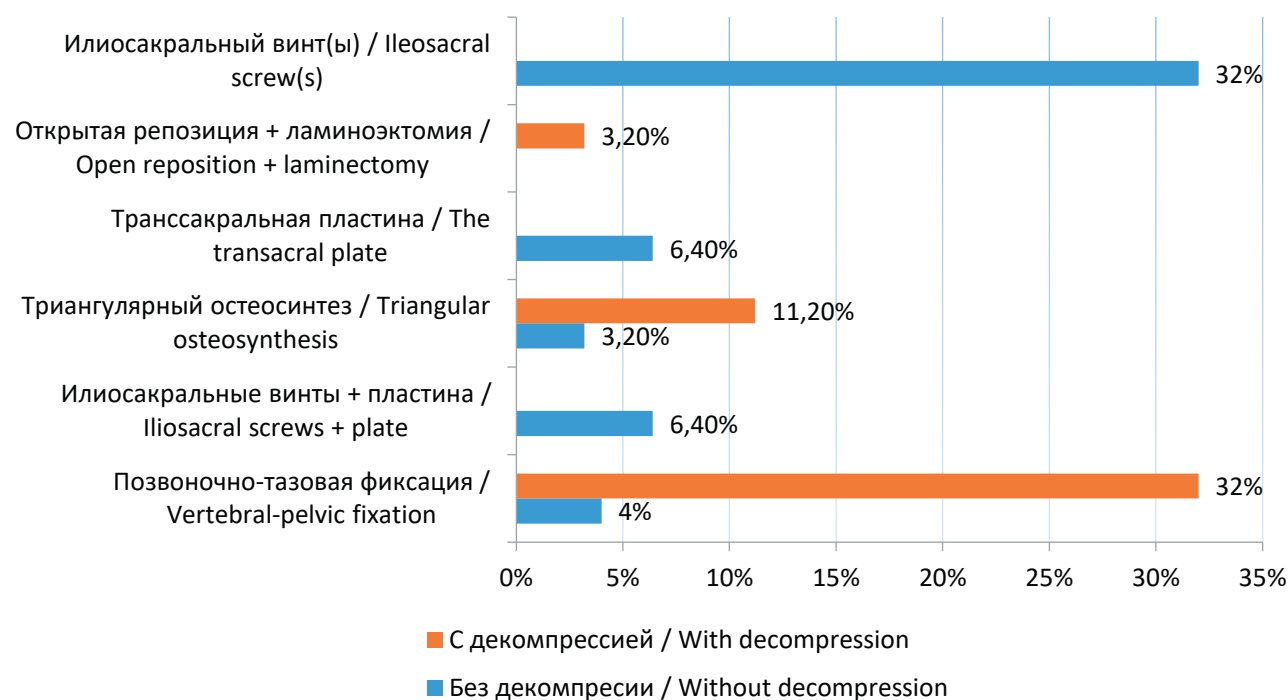
Четко прослеживается тенденция к малоинвазивной фиксации переломов крестца. Это связано с улучшением маршрутизации пациентов, повышением их выживаемости, расширением диагностических воз-

Рисунок 4

Частота применения методов и комбинаций методов для остеосинтеза крестца

Figure 4

The frequency of application of methods and combinations of methods for osteosynthesis of the sacrum



можностей и совершенствованием как хирургических техник, так и средств интраоперационной визуализации.

Результаты, осложнения, функциональные исходы

Наиболее актуальной остается проблема неврологического восстановления после переломов крестца [1, 3, 5, 6, 15]. Поражения нервной системы обусловлены повреждением пояснично-крестцового сплетения на уровне L4–L5, повреждением корешков S1 [15], при этом вопрос необходимости декомпрессии при переломах крестца остается открытым [1, 5]. Острые неврологические нарушения при травме

крестца, могут быть вызваны нейрорепраксией, сдавлением нервного корешка, нейротмезисом, в последнем случае неврологическое восстановление маловероятно.

Инфекционные осложнения чаще связаны с применением открытых методик фиксации крестца, использованием С-рамы в предоперационном периоде, пояснично-тазово-крестцовой фиксации [1, 6, 9, 37, 43]. Вероятность вторичного смещения увеличивается при нестабильности тазового кольца, переломах Н-типа и остеопорозе [9, 10, 15, 23, 51, 69, 70]. Некоторые авторы указывают на необходимость проведения нескольких илиосакральных винтов либо проведения трансакрального

винта для более жесткой фиксации и предотвращения вторичного смещения [7, 23, 51, 54]. Однако ряд исследователей указывают на отсутствие статистически значимых преимуществ от проведения дополнительных винтов [71, 72]. В то же время риски периоперационных осложнений при установке илиосакральных винтов остаются высокими и увеличиваются пропорционально количеству проводимых винтов [18, 43, 57].

Среди возможных осложнений чаще упоминается мальпозиция винтов, повреждения ягодичных сосудов, нервных корешков L5 и S1 [18, 19, 22, 57], их частота достигает 3–15% [57]. Использо-

Таблица 2

Частота осложнений и отдаленные функциональные результаты

Table 2

The frequency of complications and long-term functional results

Публикация Publication	Метод The method	Объем выборки Sample size	Частота и структура осложнений The frequency and structure of complications	Результат по шкале Majeed, баллы The result on the Majeed scale, points			
				Отличный Perfect (85–100)	Хороший Good (75–84)	Удовлетво- рительный Satisfactory (65–74)	Неудовлетво- рительный Unsatisfactory (< 65)
C.L. Li	Накостная пластина Bone plate	32	7 (21 %) Инфекция / Infection — 3 Асептический некроз / Aseptic necrosis — 1 Несращение / Non-union — 1 Вторичное смещение / Secondary displacement — 2	13 (40 %)	11 (34 %)	5 (15 %)	3 (9 %)
	Илиосакральная фиксация Iliosacral fixation	32	1 (3.1 %) Инфекция Infection	19 (59 %)	11 (34 %)	2 (6 %)	Не сообщалось Not reported
Z.H. Zheng, F. Xu, Z.Q. Luo, Y. Ren, T. Fu, H.Q. Xu, B.B. Liu	Илиосакральная фиксация «свободной рукой» Iliosacral fixation with a "free hand"	18	Не сообщалось Not reported	9 (50 %)	7 (38 %)	2 (11 %)	Не сообщалось Not reported
	Илиосакральная фиксация по направителю «точка-точка» Iliosacral fixation by the point-to- point guide	20	Не сообщалось Not reported	12 (60 %)	7 (35 %)	1 (5 %)	Не сообщалось Not reported
S.A. Khaled, O. Soliman, M.A. Wahed	Илиосакральная фиксация Iliosacral fixation	72	2 (2.7 %) Несращение Non-union	52 (72 %)	10 (13 %)	6 (8 %)	4 (5 %)
	Всего / Total	174	10 (5 %)	105 (60 %)	46 (26 %)	10 (5 %)	7 (4 %)

ние 3D навигации показало снижение частоты осложнений, связанных с неправильной установкой винта [44, 69]. При этом отличные результаты лечения достигаются, по разным наблюдениям, у 50 % пациентов в зависимости от клинической ситуации [1, 3, 6, 25]. Отмечается важность репозиции и стабильности фиксации [1, 5, 7, 15].

Общая частота осложнений при лечении переломов крестца остается высокой и достигает 40–50 % [1, 6, 15, 43, 73, 74]. Вторичное смещение в зависимости от линии перелома наблюдается в диапазоне 39–68 % [9]. Смертность (летальность) составляет 7,9 % при стабильных переломах крестца и достигает 11,5 % — при нестабильных. Наибольшая смертность (летальность) прослеживается в течение 12 месяцев с момента травмы у пожилых пациентов с низкоэнергетическими переломами из группы риска, составляя до 28 % [1]. Потеря или снижение трудоспособности отмечается у 70 % пациентов [9], однако было найдено лишь 3 работы, оценивающих функциональный класс пациентов в отдаленном периоде (табл. 2).

Несмотря на совершенствование методик лечения, отличные функциональные результаты достигаются только у половины пациентов.

Отмечается тенденция к снижению инфекционных осложнений, что, вероятно, обусловлено использованием малоинвазивных техник. Но сложная анатомия области повышает вероятность неверного позиционирования имплантов, ятрогенных повреждений нервных и сосудистых структур [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство случаев переломов крестца связаны с высокоэнергетической травмой. Изолированные переломы крестца у молодых пациентов по-прежнему встречаются редко, однако увеличивается доля остеопоротических переломов у пожилых пациентов, что потребовало создания отдельной классификации.

Наиболее используемыми классификациями повреждений таза в целом являются Tile и Young-Burgess, принятые ASIF/OTA. Специфичными и широко используемыми для оценки повреждений крестца являются классификации Denis и Roy-Camille, особенно при неврологическом дефиците. Отсутствие общепринятой классификации, отражающей все аспекты травмы крестца, затрудняет формирование единого подхода к лечению пациентов с данной патологией. Клиническая диагностика часто затрудне-

на из-за тяжести состояния пациентов, а рентгенография в трех проекциях ограничена по чувствительности (50 %), особенно при минимальном смещении, и уступает КТ (88 %) и МРТ (98 %).

Малоинвазивная фиксация повреждений крестца снижает риски развития инфекционных осложнений, однако требует высокой подготовки у хирурга и сопряжена с достаточно высокими рисками ятрогенных осложнений, связанных с мальпозицией импланта, повреждением сосудов или невралгических структур.

Отдаленные результаты не изучены на выборках достаточного объема, а различные дизайн и критерии оценки вносят ограничения для оценки результативности фиксации. Эффективность лечения с позиции отдаленных функциональных результатов остается малоизученным вопросом и требует систематизированного подхода.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Santolini E, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Sacral fractures: issues, challenges, solutions. *EFORT Open Rev.* 2020; 5(5): 299-311. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190064>
2. Beckmann NM, Chinapuvvula NR. Sacral fractures: classification and management. *Emerg Radiol.* 2017; 24(6): 605-617. <https://doi.org/10.1007/s10140-017-1533-3>
3. Ferry C, Kim V, Ostrander J, Gaughan J, Mashru RP, Graf KW. Surgical fixation of sacral fractures in the elderly population: are there predictors of outcome? An analysis of return to ambulation and residential living status. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2020; 11: 2151459320967198. <https://doi.org/10.1177/2151459320967198>
4. Salari P, Moed BR, Bledsoe JG. Supplemental S1 fixation for type C pelvic ring injuries: biomechanical study of a long iliosacral versus a transsacral screw. *J Orthop Traumatol.* 2015; 16(4):293-300. <https://doi.org/10.1007/s10195-015-0357-8>
5. Rodrigues-Pinto R, Kurd MF, Schroeder GD, Kepler CK, Krieg JC, Holstein JH, et al. Sacral fractures and associated injuries. *Global Spine J.* 2017;7(7):609-616. <https://doi.org/10.1177/2192568217701097>
6. König MA, Jehan S, Boszczyk AA, Boszczyk BM. Surgical management of U-shaped sacral fractures: a systematic review of current treatment strategies. *Eur Spine J.* 2012;21(5):829-836. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2125-7>
7. Bottlang M, Schemitsch CE, Nauth A, Roult MJr, Egol KA, Cook GE, et al. Biomechanical concepts for fracture fixation. *J Orthop Trauma.* 2015; 29Suppl 12(0 12):S28-33. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000467>
8. Tullington JE, Blecker N. Pelvic trauma. 2022 Aug 8. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
9. Perry K, Mabrouk A, Chauvin BJ. Pelvic Ring Injuries. Sep 25. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
10. Irifune H, Hirayama S, Takahashi N, Chiba M, Yamashita T. Closed reduction in a "Hyperextended Supine Position" with percutaneous transsacral-transiliac and iliosacral screw fixation for Denis Zone III sacral fractures. *Adv Orthop.* 2018;2018:6098510. <https://doi.org/10.1155/2018/6098510>
11. Fujino S, Miyagi M, Tajima S, Imura T, Tazawa R, Inoue G, et al. Surgical treatment for suicidal jumper's fracture (unstable sacral fracture) with thoracolumbar burst fracture: a report of three cases. *Spine Surg Relat Res.* 2017;1(2):100-106. <https://doi.org/10.22603/ssrr.1.2016-0026>
12. Rommens PM, Hofmann A. Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: recommendations for surgical treatment. *Injury.* 2013; 44(12):1733-1744. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2013.06.023>
13. Belokrylov NM, Stadler DI, Belokrylov AN, Denisov AS, Ladeishchikov VM, Shchekolova NB. Experience in the treatment of combined

- trauma to the head, chest, musculoskeletal system, pelvis with pelvic ring injury and longitudinal fracture of the sacrum. *International Scientific Research Journal*. 2021; 11-2(113):125-131. Russian (Белокрылов Н. М., Штадлер Д. И., Белокрылов А. Н., Денисов А. С., Ладейщиков В. М., Щеколова Н. Б. Опыт лечения сочетанной травмы головы, груди, опорно-двигательного аппарата, таза с нарушением тазового кольца и продольным переломом крестца // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 11-2(113). С. 125-131.)
14. Kozhanov IV, Manukovsky VA, Tyurin MV. Multi-stage surgical tactics in the treatment of victims with sacral injury. *Biomedical and socio-psychological safety problems in emergency situations*. 2012; (2):38-47. Russian (Кожанов И. В., Мануковский В. А., Тюрин М. В. Многоэтапная хирургическая тактика при лечении пострадавших с повреждением крестца // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2012. № 2. С. 38-47.)
 15. Pascal-Moussellard H, Hirsch C, Bonaccorsi R. Osteosynthesis in sacral fracture and lumbosacral dislocation. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016;102(1Suppl):S45-57. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.12.002>.
 16. Andresen JR, Prokop A, Wollny M, Radmer S, Schober HC, Andresen R. Clinical outcome and revenue situation after conservative, interventional and surgical/osteosynthetic treatment of sacral insufficiency fractures. *Unfallchirurg*. 2021; 124(7):588-597. German. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00932-1>.
 17. Metz RM, Bledsoe JG, Moed BR. Does posterior fixation of partially unstable open-book pelvic ring injuries decrease symphyseal plate failure? A biomechanical study. *J Orthop Trauma*. 2018; 32 (Suppl 1):S18-S24. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001083>.
 18. Katsuura Y, Chang E, Sabri SA, Gardner WE, Doty JF. Anatomic parameters for instrumentation of the sacrum and pelvis: a systematic review of the literature. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2018; 2(8):e034. <https://doi.org/10.5435/JAAOSGlobal-D-18-00034>.
 19. Liuzza F, Silluzio N, Florio M, El Ezzo O, Cazzato G, Ciolli G, et al. Comparison between posterior sacral plate stabilization versus minimally invasive transiliac-transsacral lag-screw fixation in fractures of sacrum: a single-centre experience. *Int Orthop*. 2019; 43(1):177-185. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4144-z>.
 20. Dydyk AM, Forro SD, Hanna A. Sacroiliac joint injury. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan.
 21. Rommens PM, Ossendorf C, Pairon P, Dietz SO, Wagner D, Hofmann A. Clinical pathways for fragility fractures of the pelvic ring: personal experience and review of the literature. *J Orthop Sci*. 2015;20(1):1-11. <https://doi.org/10.1007/s00776-014-0653-9>.
 22. Chon CS., Jeong JH., Kang B., Kim HS, Jung GH. Computational simulation study on ilio-sacral screw fixations for pelvic ring injuries and implications in Asian sacrum. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018; 28(3):439-444. <https://doi.org/10.1007/s00590-017-2061-2>.
 23. Tisano BK, Kelly DP, Starr AJ, Sathy AK. Vertical shear pelvic ring injuries: do transsacral screws prevent fixation failure? *OTA Int*. 2020; 3(3):e084. <https://doi.org/10.1097/OI9.0000000000000084>.
 24. Suda AJ, Helm L, Obertacke U. Pelvic antropometric measurement in 3D CT for placement of two unilateral iliosacral S1 - 7.3 mm screws. *Int Orthop*. 2021; 45(12):3179-3184. <https://doi.org/10.1007/s00264-021-05095-1>.
 25. Gras F, Gottschling H, Schröder M, Marintschev I, Hofmann GO, Burgkart R. Transsacral osseous corridor anatomy is more amenable to screw insertion in males: a biomorphometric analysis of 280 pelves. *Clin Orthop Relat Res*. 2016; 474(10):2304-2311. <https://doi.org/10.1007/s11999-016-4954-5>.
 26. Halawi MJ. Pelvic ring injuries: Surgical management and long-term outcomes. *J Clin Orthop Trauma*. 2016;7(1):1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jcort.2015.08.001>.
 27. Kobbe P, Hockertz I, Sellei RM, Reilmann H, Hockertz T. Minimally invasive stabilisation of posterior pelvic-ring instabilities with a transiliac locked compression plate. *Int Orthop*. 2012; 36(1):159-164. <https://doi.org/10.1007/s00264-011-1279-6>.
 28. Barcellos ALL, da Rocha VM, Guimarães JAM. Current concepts in spondylopelvic dissociation. *Injury*. 2017; 48 (Suppl 6):S5-S11. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(17\)30789-1](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(17)30789-1).
 29. Dudda M, Hoffmann M, Schildhauer TA. Sacrum fractures and lumbopelvic instabilities in pelvic ring injuries: classification and biomechanical aspects. *Unfallchirurg*. 2013;116(11):972-978. German. <https://doi.org/10.1007/s00113-012-2335-4>.
 30. Bliznetz DG, Runkov AV, Kochetkov VV. The use of individual projections for intraoperative control of the position of iliosacral screws and the concept of safety corridors. *Modern problems of science and education*. 2017; (2):81. Russian (Близнец Д. Г., Рунков А. В., Кочетков В. В. Использование индивидуальных проекций для интраоперационного контроля положения илиосакральных винтов и концепция коридоров безопасности // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 2. С. 81.)
 31. König MA, Jehan S, Boszczyk AA, Boszczyk BM. Surgical management of U-shaped sacral fractures: a systematic review of current treatment strategies. *Eur Spine J*. 2012;21(5):829-836. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2125-7>.
 32. Moon AS, Atesok K, Niemeier TE, Manoharan SR, Pittman JL, Theiss SM. Traumatic lumbosacral dislocation: current concepts in diagnosis and management. *Adv Orthop*. 2018; 2018:6578097. <https://doi.org/10.1155/2018/6578097>.
 33. Toogood P, McDonald E, Pekmezci M. A biomechanical comparison of ipsilateral and contralateral pedicle screw placement for modified triangular osteosynthesis in unstable pelvic fractures. *J Orthop Trauma*. 2013; 27(9):515-520. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3182787d54>.
 34. Yu T, Cheng XL, Qu Y, Dong RP, Kang MY, Zhao JW. Computer navigation-assisted minimally invasive percutaneous screw placement for pelvic fractures. *World J Clin Cases*. 2020;8(12):2464-2472. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v8.i12.2464>.
 35. Rommens PM, Wagner D, Hofmann A. Minimal invasive surgical treatment of fragility fractures of the pelvis. *Chirurgia (Bucur)*. 2017;112(5):524-537. <https://doi.org/10.21614/chirurgia.112.5.524>.
 36. Encinas-Ullán CA, Martínez-Diez JM, Rodríguez-Merchán EC. The use of external fixation in the emergency department: applications, common errors, complications and their treatment. *EFORT Open Rev*. 2020;5(4):204-214. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190029>.
 37. Welle K, Khoury M, Prangenberg C, Täger S, Goost H, Kabir K. Minimally invasive lumbopelvic stabilization of sacral fracture and sacroiliac injury. *Oper Orthop Traumatol*. 2021;33(6):538-545. German. <https://doi.org/10.1007/s00064-021-00730-x>.
 38. Donchenko SV, Slinyakov LY, Chernyaev AV. The use of vertebral-pelvic transpedicular fixation in the treatment of unstable pelvic ring injuries. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2013; 4(70):67-74. Russian (Донченко С. В., Слиняков Л. Ю., Черняев А. В. Применение позвоночно-тазовой транспедикулярной фиксации при лечении нестабильных повреждений тазового кольца // Травматология и ортопедия России. 2013. № 4(70). С. 67-74.)

39. Samokhvalov IM, Kozhanov IV, Tyurin MV, Ganin VN, Denisov AV. Features of surgical treatment of sacral fractures. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2012; 2(64):16-21. Russian (Самохвалов И. М., Кожанов И. В., Тюрин М. В., Ганин В. Н., Денисов А. В. Особенности хирургического лечения переломов крестца // Травматология и ортопедия России. 2012. № 2(64). С. 16-21.)
40. Pak LF, Volovik VE, Li ON, Kozhura AV, Goncharov IN, An AA. Experience of surgical treatment of complicated sacral fractures in the structure of unstable pelvic injuries. *Healthcare in the Far East*. 2014; 2(60):26-30. Russian (Пак Л. Ф., Воловик В. Е., Ли О. Н., Кожура А. В., Гончаров И. Н., Ан А. А. Опыт хирургического лечения осложненных переломов крестца в структуре нестабильных повреждений таза // Здравоохранение Дальнего Востока. 2014. № 2(60). С. 26-30.)
41. Shvets AI, Ivchenko DV, Ivchenko VK, Lubenets AA, Ivchenko AV. Injuries of the lumbar spine in combination with fractures of the sacrum. *Injury*. 2014; 15(2): 55-59. Russian (Швец А. И., Ивченко Д. В., Ивченко В. К., Лубенец А. А., Ивченко А. В. Повреждения поясничного отдела позвоночника в сочетании с переломами крестца // Травма. 2014. Т. 15, № 2. С. 55-59.)
42. Dulaev AK, Kozhanov IV, Manukovsky VA. Minimally invasive lumbo-pelvic fixation in patients with unstable pelvic ring injuries. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2017; 23(2):49-58. Russian (Дулаев А. К., Кожанов И. В., Мануковский В. А. Минимально инвазивная пояснично-тазовая фиксация у пострадавших с нестабильными повреждениями тазового кольца // Травматология и ортопедия России. 2017. Т. 23, № 2. С. 49-58.)
43. Huang S, Ji T, Guo W. Development and current situation of reconstruction methods following total sacrectomy. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2018;32(5):513-518. Chinese. <https://doi.org/10.7507/1002-1892.201712054>.
44. Takao M, Hamada H, Sakai T, Sugano N. Factors influencing the accuracy of iliosacral screw insertion using 3D fluoroscopic navigation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019;139(2):189-195. <https://doi.org/10.1007/s00402-018-3055-1>.
45. El Dafrawy MH, Strike SA, Osgood GM Use of the S3 corridor for ilio-sacral fixation in a dysmorphic sacrum: a case report. *JBJS Case Connect*. 2017; 7(3):e62. <https://doi.org/10.2106/JBJS.CC.17.00058>.
46. Tabaie SA, Bledsoe JG, Moed BR. Biomechanical comparison of standard iliosacral screw fixation to transsacral locked screw fixation in a type C zonell pelvic fracture model. *J Orthop Trauma*. 2013; 27(9):521-526. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3182781102>.
47. Iorio JA, Jakoi AM, Rehman S. Percutaneous sacroiliac screw fixation of the posterior pelvic ring. *Orthop Clin North Am*. 2015; 46(4):511-521. <https://doi.org/10.1016/j.ocln.2015.06.005>.
48. Wang JQ, Wang Y, Feng Y, Han W, Su YG, Liu WY, et al. Percutaneous sacroiliac screw placement: a prospective randomized comparison of robot-assisted navigation procedures with a conventional technique. *Chin Med J (Engl)*. 2017;130(21):2527-2534. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.217080>.
49. Peng Y, Zhang G, Zhang S, Ji X, Li J, Du C, et al. Biomechanical study of transsacral-transiliac screw fixation versus lumbopelvic fixation and bilateral triangular fixation for "H"- and "U"-type sacrum fractures with traumatic spondylolpelvic dissociation: a finite element analysis study. *J Orthop Surg Res*. 2021;16(1):428. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02581-5>.
50. Choi MK, Jo DJ, Kim SB. Pelvic reconstruction surgery using a dual-rod technique with diverse U-shaped rods after posterior en bloc partial sacrectomy for a sacral tumor: 2 case reports and a literature review. *World Neurosurg*. 2016;95:619.e11-619.e18. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.08.022>.
51. Zhao Y, Li J, Wang D, Liu Y, Tan J, Zhang S. Comparison of stability of two kinds of sacro-iliac screws in the fixation of bilateral sacral fractures in a finite element model. *Injury*. 2012;43(4):490-494. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.12.023>.
52. Zheng ZH, Xu F, Luo ZQ, Ren Y, Fu T, Xu HQ, et al. A useful intraoperative technique for transiliac-transsacral screws: a point-to-point coaxial guide apparatus. *J Orthop Surg Res*. 2021;16(1):89. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02239-2>.
53. Durusoy S, Akdoğan V, Paksoy AE. Do three-dimensional modeling and printing technologies have an impact on the surgical success of percutaneous transsacral screw fixation? *Jt Dis Relat Surg*. 2020;31(2):273-280. <https://doi.org/10.5606/ehc.2020.73115>.
54. Heydemann J, Hartline B, Gibson ME, Ambrose CG, Munz JW, Galpin M, et al. Do transsacral-transiliac screws across uninjured sacroiliac joints affect pain and functional outcomes in trauma patients? *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(6):1417-1421. <https://doi.org/10.1007/s11999-015-4596-z>.
55. Runkov AV, Bliznetz DG, Bogatkin AA. Minimally invasive fixation of injuries of the posterior parts of the pelvis. *Orthopedic genius*. 2013; (2): 10-15. Russian (Рунков А. В., Близнетц Д. Г., Богаткин А. А. Малоинвазивная фиксация повреждений задних отделов таза // Гений ортопедии. 2013. № 2. С. 10-15.)
56. Piche JD, Muscatelli SR, Waheed MA, Patel RD, Aleem IS. Robotic navigation system utilization for percutaneous sacroiliac screw placement: surgical setup and technique. *J Spine Surg*. 2021;7(2):197-203. <https://doi.org/10.21037/jss-20-681>.
57. Alvis-Miranda HR, Farid-Escorcia H, Alcalá-Cerra G, Castellar-Leones SM, Moscote-Salazar LR. Sacroiliac screw fixation: a mini review of surgical technique. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2014;5(3):110-113. <https://doi.org/10.4103/0974-8237.142303>.
58. Anari JB, Cahill PJ, Flynn JM, Spiegel DA, Baldwin KD. Intraoperative computed tomography guided navigation for pediatric pelvic instrumentation: a technique guide. *World J Orthop*. 2018; 9(10):185-189. <https://doi.org/10.5312/wjo.v9.i10.185>.
59. Decker S, Krettek C, Stübgen T. Minimally invasive stabilization of sacral fractures. *Unfallchirurg*. 2020;123(10):774-782. German. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00853-z>.
60. Dulaev AK, Kozhanov IV, Manukovsky VA, Petrov AV, Alikov ZYu, Mykityuk SI. Stabilization of the posterior pelvic ring in patients with polytrauma by minimally invasive lumbo-pelvic fixation. *Spinal surgery*. 2017; 14(3): 40-46. Russian (Дулаев А. К., Кожанов И. В., Мануковский В. А., Петров А. В., Аликов З. Ю., Микитюк С. И. Стабилизация заднего отдела тазового кольца у пострадавших с политравмой способом минимально-инвазивной пояснично-тазовой фиксации // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14, № 3. С. 40-46.)
61. Dulaev AK, Kozhanov IV, Presnov RA, Mikityuk SI. Triangular osteosynthesis of sacral fractures in vertically unstable pelvic injuries. *Polytrauma*. 2018. (2): 17-26. Russian (Дулаев А. К., Кожанов И. В., Преснов Р. А., Микитюк С. И. Треугольный остеосинтез переломов крестца при вертикально-нестабильных повреждениях таза // Политравма. 2018. № 2. С. 17-26.)
62. Tutynin KV, Shnyakin PG, Shubkin VN. Experience of surgical treatment of vertically unstable pelvic ring injuries by remote triangular lumbosacral fixation. *Polytrauma*. 2017; (4): 38-43. Russian (Тутынин К. В., Шнякин П. Г., Шубкин В. Н. Опыт хирургического лечения вертикально-нестабильных повреждений тазового кольца методом дистантной треугольной пояснично-подвздошной фиксации // Политравма. 2017. № 4. С. 38-43.)
63. Kortman K, Ortiz O, Miller T, Brook A, Tutton S, Mathis J, et al. Multi-center study to assess the efficacy and safety of sacroplasty in pa-

- tients with osteoporotic sacral insufficiency fractures or pathologic sacral lesions. *J Neurointerv Surg.* 2013; 5(5):461-466. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2012-010347>.
64. Böhme J, Höch A, Josten C. Osteoporotic fractures of the pelvis. *Chirurg.* 2012;83(10):875-881. German. <https://doi.org/10.1007/s00104-012-2339-1>.
 65. Varga PP, Szoverfi Z, Lazary A. Surgical resection and reconstruction after resection of tumors involving the sacropelvic region. *Neurol Res.* 2014;36(6):588-596. <https://doi.org/10.1179/1743132814.Y.0000000370>.
 66. Lucas JF, Routt ML Jr, Eastman JG. A useful preoperative planning technique for transiliac-transsacral screws. *J Orthop Trauma.* 2017; 31(1):e25-e31. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000708>.
 67. Stübgen T, Windhagen H, Krettek C, Ettinger M. Computer-assisted orthopedic and trauma surgery. *Dtsch Arztebl Int.* 2020;117(47):793-800. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2020.0793>.
 68. Dulaev AK, Kozhanov IV, Presnov RA, Mikityuk SI. Triangular osteosynthesis of sacral fractures in vertically unstable pelvic injuries. *Polytrauma.* 2018; (2): 17-26. Russian (Дулаев А. К., Кожанов И. В., Преснов Р. А., Микитюк С. И. Треугольный остеосинтез переломов крестца при вертикально-нестабильных повреждениях таза // Политравма. 2018. № 2. С. 17-26.)
 69. Höch A, Pieroh P, Henkelmann R, Josten C, Böhme J. In-screw polymethylmethacrylate-augmented sacroiliac screw for the treatment of fragility fractures of the pelvis: a prospective, observational study with 1-year follow-up. *BMC Surg.* 2017; 17(1):132. <https://doi.org/10.1186/s12893-017-0330-y>.
 70. Khaled SA, Soliman O, Wahed MA. Functional outcome of unstable pelvic ring injuries after iliosacral screw fixation: single versus two screw fixation. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2015; 41(4):387-392. <https://doi.org/10.1007/s00068-014-0456-x>.
 71. Mardam-Bey SW, Beebe MJ, Black JC, Chang EY, Kubiak EN, Bishop JA, et al. The effect of transiliac-transsacral screw fixation for pelvic ring injuries on the uninjured sacroiliac joint. *J Orthop Trauma.* 2016; 30(9):463-468. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000622>.
 72. Williams SK, Quinnan SM. Percutaneous lumbopelvic fixation for reduction and stabilization of sacral fractures with spinopelvic dissociation patterns. *J Orthop Trauma.* 2016;30(9):e318-324. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000559>.
 73. Bydon M, De la Garza-Ramos R, Macki M, Desai A, Gokaslan AK, Bydon A. Incidence of sacral fractures and in-hospital postoperative complications in the United States: an analysis of 2002-2011 data. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014; 39(18):E1103-9. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000448>.
 74. Li CL. Clinical comparative analysis on unstable pelvic fractures in the treatment with percutaneous sacroiliac screws and sacroiliac joint anterior plate fixation. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2014; 18(18):2704-2708.

Сведения об авторах:

Комаров В.И., врач травматолог-ортопед клиники реконструктивной хирургии повреждений конечностей и таза ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия. <https://orcid.org/0009-0005-5716-6188>

Рябых С.О., д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе, руководитель отдела травматологии и ортопедии Научно-исследовательского клинического института педиатрии им. акад. Ю.Е. Вельтищева ФГАУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, г. Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>

Гринь А. А., доктор медицинских наук, руководитель клиники реконструктивной хирургии повреждений конечностей и таза, ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия; доцент кафедры травматологии и ортопедии Института общественного здоровья и цифровой медицины ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, г. Тюмень, Россия. <https://orcid.org/0009-0007-5139-4715>

Адрес для переписки:

Комаров Виктор Ильич, ул. М. Ульяновой, 6, г. Курган, Россия, 640021
E-mail: vikkom94@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.12.2024

Рецензирование пройдено 18.03.2025

Подписано в печать 01.04.2025

Information about authors:

Komarov V.I., traumatologist-orthopedist, clinic of reconstructive surgery of limb and pelvic injuries, National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia. <https://orcid.org/0009-0005-5716-6188>

Ryabykh S.O., MD, PhD, professor, deputy director of scientific work, head of department of traumatology and orthopedics, Scientific Research Clinical Institute of Pediatrics named after Academician Yu.E. Veltishchev, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>

Grin A.A., MD, PhD, head of clinic of reconstructive surgery of limb and pelvic injuries, National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia; associate professor of department of traumatology and orthopedics, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia. <https://orcid.org/0009-0007-5139-4715>

Address for correspondence:

Komarov Viktor Ilyich, M. Ulyanovoy St., 6, Kurgan, Russia, 640021
E-mail: vikkom94@mail.ru

Received 03.12.2024

Review completed 18.03.2025

Passed for printing 01.04.2025