



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С U-ОБРАЗНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ КРЕСТЦА В ОТСРОЧЕННОМ ПЕРИОДЕ

З. Б. Хаджиев, А. А. Гринь

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н. В. Склифосовского
Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3.

РЕЗЮМЕ: среди всех повреждений опорно-двигательного аппарата, повреждения заднего тазового кольца являются наиболее тяжелыми. Особенно разрушительными среди которых являются U-образные переломы крестца. Проблема связанная с окончательной тактикой лечения и особенностей ее проведения до настоящего времени остается не решенной.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: оценить эффективность метода изолированной локальной декомпрессии крестца у пациентов с U-образными переломами заднего тазового полукольца в отдаленном периоде травмы, без выполнения окончательной пояснично-подвздошной фиксации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ: проанализированы результаты лечения трех пострадавших с тяжелой сочетанной травмой и осложненными U-образными переломами крестца, поступивших в стационар с 2019–2021 гг. Всем пациентам была выполнена локальная декомпрессия крестцовых позвонков, без последующей стабилизации металлофиксаторами в отдаленном периоде травмы.

РЕЗУЛЬТАТЫ: через один месяц после выписки из стационара на фоне реабилитационного лечения у 1 мужчины и 1 женщины функциональные исходы по шкале Majeed расценивались как отличные, у 1 пациентки отмечались нарушения сексуального характера (пациентка испытывала дискомфорт во время полового акта). По шкале Gibbons, у всех пациентов отмечена положительная динамика в виде регресса двигательных и чувствительных нарушений в нижних конечностях, у одной пациентки после декомпрессивной ламинэктомии крестца сохранялось онемение в перианальной области оцениваемые в 2 балла по шкале Gibbons. Болевой синдром у всех пострадавших в момент поступления составлял в среднем 8–9 баллов по шкале ВАШ, при выписке из стационара до 1–2 баллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: изолированная ламинэктомия крестцовых позвонков у пострадавших с осложненными U-образными переломами крестца в отдаленном периоде травмы, при сформировавшемся спондилодезе и костной мозоли в месте перелома крестца позволяет получить хорошие анатомо-функциональные исходы лечения у пациентов с политравмой и переломами заднего тазового кольца.

Для цитирования: Хаджиев З. Б., Гринь А. А. Хирургическое лечение пациентов с U-образными переломами крестца в отсроченном периоде. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2022;14(3):103–109. DOI 10.56618/20712693_2022_14_3_103

DELAYED SURGICAL MANAGEMENT OF PATIENTS WITH U-SHAPED SACRAL FRACTURES

Z. B. Khadzhiev, A. A. Grin

Sklifosovsky Research Institute For Emergency Medicine

SUMMARY: among all injuries of the musculoskeletal system, injuries to the posterior pelvic ring are the most severe. U-shaped sacral fractures are especially dangerous. The issues associated with the final treatment tactics and the specific aspects of its implementation still remain unresolved.

STUDY PURPOSE: to assess the efficacy of the delayed isolated local decompression in patients with U-shaped fractures of the posterior pelvic ring, without final lumbosacral fixation.

MATERIAL AND METHODS: we have reviewed outcomes of treatment of three patients with severe polytrauma and complicated U-shaped sacral fractures who admitted to the hospital over the period since 2019 to 2021. All patients underwent local decompression of the sacral vertebrae, without subsequent stabilization by metal fixators in the late post-injury period.

RESULTS: one month after discharge, against the background of rehabilitation treatment, 2 patients (1 male and 1 female) had excellent functional outcomes according to the Majeed score, 1 patient had sexual disorders (discomfort during sexual intercourse). According to the Gibbons scale, all patients showed positive changes in the form of regression of motor and sensory disorders in the lower limbs; one patient had persisting numbness in the perianal area (2 points according to the Gibbons scale) after decompressive sacral laminectomy. The mean VAS score of the pain syndrome in all patients at the time of admission was 8–9 points vs. 1–2 points at discharge.

CONCLUSION: delayed isolated sacral laminectomy in patients with polytrauma and complicated U-shaped sacral fractures, after the formed spinal fusion and callus at the site of the sacral fracture allows to obtain favorable anatomical and functional outcomes.

For citation: Z. B. Khadzhiev, A. A. Grin. Delayed surgical management of patients with U-shaped sacral fractures. Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova. 2022;14(3):103–109. DOI 10.56618/20712693_2022_14_3_103

Введение.

В структуре всех повреждений заднего тазового кольца переломы крестца выявляют у 15 % — 45 % пострадавших [15,21], среди которых U образные переломы крестца диагностируют лишь у 2 % — 5 % пациентов [19,2]. Как правило, такие повреждения возникают при значительном энергетическом воздействии на опорно-двигательный аппарат, такие как падения с большой высоты и ДТП [2]. Также лечение пациентов с U-образными переломами крестца во многом зависит от оснащения лечебного учреждения, личных предпочтений и опыта хирурга, а также тяжести состояния пациента при поступлении и наличия у него сопутствующих повреждений.

Большинство переломов крестца можно лечить консервативно, однако при нестабильных типах переломов предпочтительней хирургическое лечение. Основной задачей хирургического лечения переломов крестца являются восстановление его механической стабильности и устранение компрессии крестцовых корешков, при наличии неврологических расстройств. В настоящее время предложены различные способы и методики хирургической стабилизации переломов крестца, которые доказали свою эффективность и надежность [6,14,15].

Однако, польза изолированной ламинэктомии крестцовых позвонков, без последующей стабилизации у пациентов с осложненными U-образными переломами заднего тазового кольца не доказана. Несмотря на то, что большинство авторов предпочитают выполнять фиксирующие операции при нестабильных повреждениях крестца [14–17], встречаются единичные работы, в которых описаны хорошие анатомо-функциональные исходы лечения при выполнении изолированной декомпрессии крестцовых корешков без фиксации, у больных с повреждением крестца и нарушением функций тазовых органов [22–25].

В нашем исследовании мы описываем серию из трех пациентов с U образными осложненными переломами крестца, которым была выполнена локальная декомпрессия крестцовых корешков без внутреннего остеосинтеза, в отдаленном периоде травмы.

Материал и методы.

Объектом исследования стали трое пострадавших с тяжелой сочетанной травмой, нестабильными U-образными переломами крестца и повреждениями вышележащего отдела позвоночного столба. Все пациенты поступили в стационар с 2019 по 2021 г. До хирургического лечения на крестце, один паци-

ент лечился в Красногорской ГКБ, двое пациентов НИИ СП им. Н.В. Склифосовского. Всем больным была выполнена локальная декомпрессия крестца в отдаленном периоде травмы, без последующей внутренней фиксации. Повреждения заднего тазового кольца оценивали по классификациям AO/ASIF [5], F Denis [3], Roy–Camile [4].

Оценку результатов лечения проводили в раннем и отдаленном послеоперационном периоде, спустя 6 месяцев. Интенсивность боли оценивали с использованием визуально-аналоговой шкалы (ВАШ). Качество жизни пациентов оценивали по Шкале Majeed [29]. Неврологические расстройства оценивали согласно Gibbons и соавт. 1990г [28]. Послеоперационный контроль спондилодеза выполняли при помощи спиральной компьютерной томографии.

Двое пострадавших упали с высоты при попытке суицида. Пациенты состояли на учете в ПНД, среди сопутствующей патологии у обоих имелись психические расстройства (шизофрения). У всех пациентов были нестабильные U-образные переломы крестца, с поперечной и продольной линией перелома проходящей через крестцовый канал и дляaminaльные отверстия с двух сторон, со смещением костных отломков в крестцовый канал и компрессию крестцовых корешков (Рис 1).

В раннем периоде травмы, всем пациентам была выполнена — декомпрессивно-стабилизирующая операция вышележащего отдела позвоночника, больные были активизированы в пределах отделения, двигательные расстройства в нижних конечностях полностью регрессировали. Учитывая давность травмы и консолидацию переломов заднего тазового кольца, нестабильности в пояснично-крестцовом сегменте не отмечалось. Показаниями для хирургического лечения на крестце были: сохраняющиеся стойкие нарушения функций тазовых органов по типу задержки и гипестезия в перианальной области.

Оперативное вмешательство на крестце выполнялось под общей анестезией в положении пациента лежа на животе (с валиками под грудью и тазом). Под рентгенографическим контролем в прямой и боковой проекциях из срединного доступа вдоль остистых отростков производили разрез мягких тканей с последующей их диссекцией и выделением задней пластинки крестцового канала в области перелома и латерально до дляaminaльных отверстий. Ламинэктомию и удаление свободно лежащих костных отломков выполняли от места перелома и над клином Урбана (Рис 1 б, г).

Таблица 1. Клинические данные, возраст, пол, механизм травмы, тип перелома таза а также сопутствующие повреждения. Table 1. Clinical data, age, gender, mechanism of injury, type of pelvic fracture, and associated injuries.

Пациент	Возраст	Пол	Механизм травмы	Сопутствующие повреждения	Тип перелома таза AO/ASIF	Повреждения переднего тазового кольца	Дни от травмы до операции на крестце	Дни от травмы до операции на вышележащем отд. позвоночника
1	28	М	ДТП	ЗЧМТ. ЗТГ. Перелом 5–12 ребер справа, перелом 7–11 ребра слева, двусторонний пневмогидроторакс, ушиб обоих легких. Перелом L1 позвонка.	Тип-С	Перелом лонной и седалищной костей справа со смещением отломков.	21	7
2	19	Ж	Падение с высоты	Осложненный компрессионно-оскольчатый перелом тела L2 позвонка. Перелом правой лучевой кости. Перелом левой большеберцовой и малоберцовой костей.	Тип-С	Перелом лонных костей с двух сторон, перелом левой седалищной кости.	20	4
3	24	Ж	Падение с высоты	Осложненный компрессионно-оскольчатый перелом тела L2 позвонка. Перелом правой лучевой кости. Перелом левой бедренной кости. Гидроторакс слева.	Тип-С	Перелом левой лонной и седалищной костей.	26	3

Таблица 2. Тип перелома крестца по классификациям F. Denis и Roy- Camile, а также уровень и объем хирургического лечения крестца. Table 2. Type of sacral fracture according to the classifications of F. Denis and Roy- Camile and surgical treatment of the sacrum.

Пациент	Классификация F. Denis	Классификация Roy- Camile	Уровень перелома	Сегменты ламинэктомии
1	3 Степ.	3 Степ.	S2-S3	S1-S2-S3
2	3 Степ.	3 Степ.	S1-S2	L5-S1-S2
3	3 Степ.	3 Степ.	S1-S2	L5-S1-S2

К характерным особенностям, при U-образных повреждениях крестца в отдаленном периоде травмы можно отнести выраженный спаечный процесс в области перелома и невозможность медиально сместить дуральный мешок для подхода к вентральной поверхности крестцового канала. В связи с чем, доступ осуществляли путем поэтапной диссекции дурального мешка с двух сторон по направлению к костному отломку выступающему в крестцовый канал. После этого, высокооборотным бором клин Урбана резецировали, с последующим невролизом и декомпрессией крестцовых корешков (Рис 1в). Учитывая отсутствие нестабильности перелома заднего тазового кольца, внутренний остеосинтез металлоконструкцией не выполнялся.

У всех пациентов ламинэктомия была выполнена более чем на одном уровне. Среднее время с момента травмы до операции на крестце составило 21–25 дней, Среднее время операции 132–190 мин.,

а средний объем интраоперационной кровопотери от минимального до 200 мл.

Оценка результатов. Среднее время наблюдения составило 6 месяцев. Функциональные исходы восстановления у пострадавших оценивали по шкале Мажед: где отличной результат (>85 баллов), хороший (от 70–84 баллов), удовлетворительный (от 55–69 баллов), плохой (<50 баллов) [29].

Неврологические расстройства оценивались по шкале Gibbons, согласно которой тип 1 указывает на отсутствие неврологических расстройств, тип 2 только чувствительные расстройства, тип-3 чувствительные и двигательные расстройства, тип 4 нарушение функций тазовых органов [28].

Боль оценивали с использованием визуальной аналоговой шкалы ВАШ. Оценку интенсивности болевого синдрома проводили в момент поступления пострадавших в стационар и на момент выписки.

Таблица 3. Интенсивность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли ВАШ и оценка неврологических расстройств по шкале Gibbons.

Table 3. Intensity of VAS pain syndrome and assessment of neurological disorders according to the Gibbons scale.

Пациент	ВАШ при поступлении	ВАШ при выписке	Gibbons при поступлении	Gibbons после лечения	Половая функция
1	8–9	1	4	1	Восстановились
2	8	1–2	4	1–2	Восстановилась
3	9	1	4	1	Не восстановилась

В нашем исследовании, спустя 1 месяц после выписки из стационара на фоне реабилитационного лечения у двух пациентов функциональные исходы по шкале Majeed расценивались как отличные. И только у одной пациентки отмечались нарушения сексуального характера (пациентка испытывала дискомфорт во время полового акта). При повторном осмотре через 6 месяцев, данные нарушения не восстановились. По шкале Gibbons, у всех пациентов отмечена положительная динамика в виде регресса двигательных и чувствительных нарушений в нижних конечностях, у одной пациентки после декомпрессивной ламинэктомии крестца сохранялось онемение в перианальной области оцениваемые в 2 балла по шкале Gibbons. Болевой синдром у всех пострадавших в момент поступления составлял от 8 до 9 баллов по шкале ВАШ, при выписке из стационара у всех регрессировал до 1–2 баллов. Через 6 месяцев при повторном осмотре у всех пациентов болевой синдром полностью регрессировал, сохранялась незначительная болезненность в пояснично-крестцовой области не препятствующая нормальной жизни. Осложнений после выполненных операций не наблюдалось ни у одного пациента. Повторное хирургическое вмешательство также не потребовалось.

Обсуждение. U-образные переломы крестца, или пояснично-тазовая диссоциация — это редкий тип переломов заднего тазового кольца, возникающий при высокоэнергетическом воздействии на опорно-двигательный аппарат. Данный вид повреждений характеризуется наличием поперечной линии перелома, проходящей через крестец, в сочетании с двухсторонним переломо-вывихом на уровне крестцово-подвздошного сочленения, либо на уровне крестцовых отверстий. Частота неврологических осложнений в виде нарушений функций тазовых органов при таких повреждениях достигает 80 % [7].

В настоящее время, нет единого мнения относительно выбора тактики лечения при нестабильных переломах заднего тазового кольца. Это обусловлено тем, что репозиция с последующим остеосинтезом U-образных переломов крестца представляет собой последовательность сложных хирургических манипуляций, требующих лечения в специализированном многопрофильном стационаре, а при необходимости, с возможностью выполнения экстренной эндоваскулярной эмболизации поврежденного магистрального

сосуда малого таза [8,9,21]. В связи с этим, одни исследователи при таких повреждениях отдают предпочтение консервативному лечению с назначением строгого постельного режима [7,10,11], тогда как другие предпочитают хирургическое лечение [6].

Kellam и соавт 2006 г., в своем исследовании, оценивая взаимосвязь опыта хирургов с результатами лечения пациентов с переломами крестца, пришли к выводу, что при соблюдении строгого постельного режима и правильно подобранной противовоспалительной и анальгетической терапии, функциональные исходы у пациентов лучше, чем после сложных операций на крестце, выполняемых оперирующей бригадой с малым опытом [15]. Учитывая опыт нашей клиники, при лечении пациентов с политравмой и нестабильными переломами крестца, мы придерживаемся хирургической тактики.

Существуют различные оперативные методы при лечении нестабильных повреждений крестца, такие как: чрескожная крестцово-подвздошная фиксация, пояснично-тазовая стабилизация транспедикулярной системой, триангулярная фиксация [7,14], а также используемый нами метод — локальная декомпрессия крестцовых позвонков, у пациентов с U-образными осложненными переломами заднего тазового кольца.

Поскольку, данный вид травмы приводит к пояснично-тазовому разобщению, в последние годы при поперечных переломах крестца большинство хирургов выполняют пояснично-подвздошную фиксацию транспедикулярной системой, а при наличии компрессии невральных структур с нарушением функций тазовых органов дополнительно — открытую декомпрессию крестцового канала [14–17]. У пострадавших в раннем периоде травмы, декомпрессия U-образных переломов крестца может быть выполнена при помощи закрытой репозиции на операционном столе [12,18]. С.К. Kerler и соавт. 2017 г., пришли к выводу, что нет значительной разницы между открытой, или закрытой декомпрессией крестцового канала, если она выполнена в первые 72 часа после получения травмы, поскольку прогноз неврологического восстановления в обоих случаях одинаковый [18].

Не менее важным являются сроки хирургического лечения при переломах крестца. Зачастую пациентов с тяжелыми множественными и сочетанными повреждениями, а также с переломами вышележащего отдела позвоночника не всегда удается прооперировать в ранний период. В связи с этим в настоящее время можно выделить две концепции в отношении сроков

хирургического лечения у таких пострадавших. Некоторые авторы считают, что устранение компрессии крестцовых корешков через 24–72 часа имеет более благоприятный прогноз в отдаленном послеоперационном периоде [7,20], тогда как другие предпочитают концепцию *damage-control orthopedics* — DCO, контроль повреждений, согласно которой хирургическое лечение выполняется в несколько этапов. Окончательный внутренний остеосинтез заднего тазового полукольца выполняют после стабилизации состояния пациента в отсроченном периоде [1]. В клинических примерах, описанных нами, выполнить закрытую репозицию с последующей фиксацией не представлялось возможным, в связи с давностью травмы. А ламинэктомия и широкая декомпрессия крестцового канала в отдаленном периоде, позволила получить хорошие функциональные исходы лечения.

В отечественной литературе нет описания использования изолированной локальной декомпрессии крестца без дальнейшей стабилизации, у пострадавших с нестабильными переломами заднего тазового полукольца, а среди иностранных работ имеются лишь немногочисленные исследования посвященные данной проблеме [22–25].

В большинстве своем, данные работы были основаны на описании отдельных клинических случаев

и только в одной работе было описано использование данной методики у 12 пациентов с нестабильными переломами крестца [22]. Как отмечают авторы, важным условием проведения локальной декомпрессии крестца является наличие стабильности в пояснично-крестцовом сегменте, либо формирование костной мозоли в области перелома крестца на момент операции, поэтому данный вид вмешательства, в основном выполняют в отдаленном периоде травмы [22–25].

Все эти примеры, как и наше исследование, показали эффективность выполнения изолированной декомпрессии крестцового канала при нестабильных переломах крестца. У всех больных был отмечен благоприятный исход, в виде восстановления нарушенных функций тазовых органов в отдаленном периоде травмы. R Mahajan и соавт 2015 г., в своем исследовании пришли к выводу что, изолированная декомпрессия крестцовых корешков, как метод хирургического лечения может использоваться у пациентов с застарелыми переломами крестца (более 6 недель) и при отсутствии полного смещения крестцовых позвонков в области перелома [23]. Наш опыт показывает, что благоприятные исходы лечения могут быть достигнуты даже у пациентов с U-образными переломами крестца со смещением и компрессией крестцовых корешков (более 3 недель) (Рис. 1).

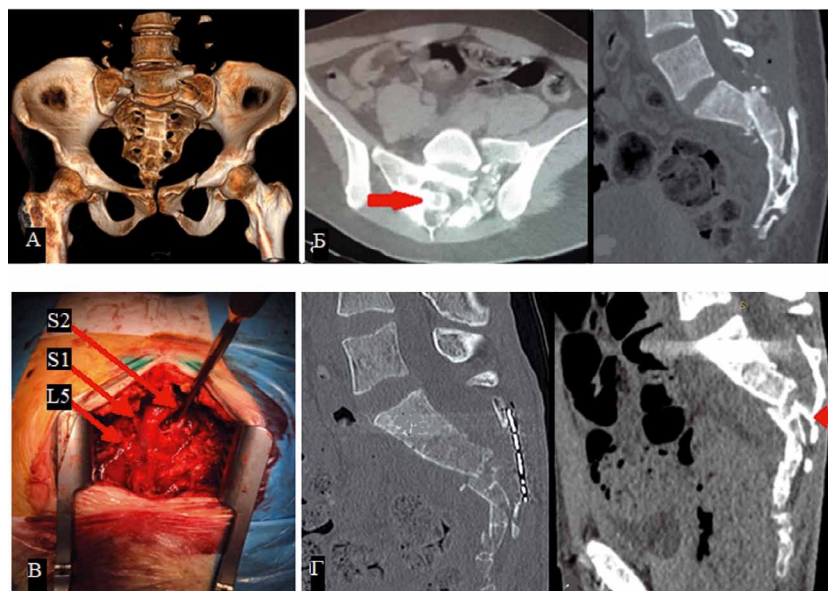


Рисунок 1. Компьютерная томография нестабильного перелома костей таза с 3D реконструкцией в прямой проекции (а). КТ оскольчатого перелома крестца, с компрессией крестцового канала костным отломком S1 позвонка —указан красной стрелкой, КТ в аксиальной и боковой проекциях до и после ламинэктомии на уровне L5-S1-S2 (б). Интраоперационное фото, поле открытой декомпрессии крестцового канала на уровне L5-S1-S2, красной стрелкой указан дуральный мешок и корешки L5-S1-S2 (в). КТ оскольчатого перелома крестца, с компрессией крестцового канала костным отломком S3 позвонка — указан красной стрелкой, КТ в боковой проекции до и после выполнения декомпрессии крестцового канала на уровне S2-S3-S4 с пластикой трепанационного дефекта титановой пластиной (г).

Figure 1. Computed tomography of an unstable fracture of the pelvic bones with 3D reconstruction in direct projection (a). CT of a compression fracture of the sacrum, with compression of the sacral canal by a bone fragment of the S1 vertebra is indicated by a red arrow, CT in axial and lateral projections after laminectomy of segments L5-S1-S2 (b). Intraoperative photo, field of laminectomy of segments L5-S1-S2, the red arrow indicates the spinal cord and nerves L5-S1-S2 (B). CT of a compression fracture of the sacrum, with compression of the sacral canal by a bone fragment of the S3 vertebra is indicated by a red arrow, CT in lateral projection after laminectomy of segments S2-S3-S4 with fixation of a titanium plate (d).

В нашей работе, хорошие исходы функционального лечения обусловлены малой выборкой пациентов и отсутствием среди них больных, с полным или значительным повреждением крестцовых корешков в области перелома. Согласно данным литературы, в отношении целостности невралгических структур и восстановления неврологических расстройств у пациентов с политравмой, A. R. Vaccaro и соавт. 2004 г., определили, что у пострадавших с полным двухсторонним повреждением крестца и отрывом корешков, вероятность восстановления неврологических расстройств крайне низкая [26]. Schildhauer и соавт. 2006 г., показали что полное восстановление неврологического дефицита возможно лишь у 80 % пострадавших, при условии отсутствия или частичного повреждения крестцовых корешков [13]. А Yi и соавт. 2012 г., в своем метаанализе доказали, что у пациентов с полным, или частичным повреждением невралгических структур, лишь в 36 % случаев отмечалось частичное восстановление нарушений функций тазовых органов [7].

Заключение. Малое количество пациентов не позволяет полноценно выявить недостатки данного метода лечения и риски послеоперационных осложнений. Несмотря на это, как показывает наш опыт, а также похожие исследования среди иностранных авторов, изолированная декомпрессия крестцовых позвонков, без последующей стабилизации, у пациентов с нестабильными переломами крестца и нарушением функций тазовых органов способствует благоприятным исходам лечения. Данная методи-

ка применима у пациентов в отсроченном периоде травмы и отсутствием нестабильности в пояснично-крестцовом сегменте. Также отсутствие установки металлоконструкции предотвращает увеличение времени операции и интраоперационной кровопотери, смещение имплантов и некорректная их установка, способствует более ранней активизации в послеоперационном периоде.

Список сокращений

КТ — компьютерная томография/

СТ — computed tomography

ПНД — психо-неврологический диспансер/

PNH-psycho-neurological hospital

ВАШ — визуально аналоговая шкала боли/

VAS-Visual Analog Scale

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики: Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study

Хаджиев Заур Бахмудович/ Khadzhiev Zaur B
<http://orcid.org/0000-0001-9822-4982>

Гринь Андрей Анатольевич/ Grin Andrey A.
<http://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

Литература/References

1. Соколов В.А. «Damage control»- современная концепция лечения пострадавших с критической политравмой. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2005;(1):81–84. [Sokolov V.A. "Damage control" — modern conception of treatment of patients with critical multiple injury. Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova. 2005;(1):81–84. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17816/vto20050181>
2. Phelan ST, Jones DA, Bishay M. Conservative management of transverse fractures of the sacrum with neurological features: a report of four cases. J Bone Joint Surg Br 1991;73(6):969–971. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.73B.6.1955446>
3. Denis F, Davis S, Comfort T. Sacral fractures: An important problem. Retrospective analysis of 236 cases. Clin Orthop Relat Res. 1988;227: 67–81. <https://doi.org/10.1097/00003086-198802000-00010>
4. Roy-Camille R, Saillant G, Gagna G, Mazel C. Transverse fracture of the upper sacrum. Suicidal jumper's fracture. Spine (Phila Pa 1976). 1985;10(9):838–845. <https://doi.org/10.1097/00007632-198511000-00011>
5. Isler B, Ganz R. Classification of pelvic ring injuries. Injury. 1996;27 Suppl 1: S-A3–12. [https://doi.org/10.1016/0020-1383\(96\)83788-0](https://doi.org/10.1016/0020-1383(96)83788-0). PMID: 8847106.
6. Hart RA, Badra MI, Madala A, Yoo JU. Use of pelvic incidence as a guide to reduction of H-type spino-pelvic dissociation injuries. J Orthop Trauma. 2007;21(6):369–374. <https://doi.org/10.1097/bot.0b013e31806dd959>
7. Yi C, Hak DJ. Traumatic spinopelvic dissociation or U-shaped sacral fracture: literature review. Injury. 2012;43(4):402–408. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.12.011>
8. Kim MY, Reidy DP, Nolan PC, Finkelstein JA. Transverse sacral fractures: case series and literature review. Can J Surg. 2001;44(5):359–363. <https://doi.org/10.1007/s10140-017-1533-3>
9. Kellam JF, McMurtry RY, Paley D, Tile M. The unstable pelvic fracture operative treatment. Orthop Clin North Am. 1987;18(1):25–41. <https://doi.org/10.1007/s00276-017-1955-3>
10. Mouhsine E, Wettstein M, Schizas C, Borens O, Blanc CH, Leyvraz PF, Theumann N, Garofalo R. Modified triangular posterior osteosynthesis of unstable sacrum fracture. Eur Spine J. 2006;15(6):857–863. <https://doi.org/10.1007/s00586-004-0858-2>
11. Lykometros VA, Papavasiliou KA, Alzeer ZM, Sayegh FE, Kirkos JM, Kapetanios GA. Management of traumatic sacral fractures: a retrospective case-series study and review of the literature. Injury. 2010;41(3):266–272. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2009.09.008>
12. Ayoub MA. Displaced spinopelvic dissociation with sacral ponytail syndrome: Outcome of surgical decompression with a preliminary control algorithm. Eur Spine J. 2012;21(9):1815–1825. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2406-9>

13. Schildhauer TA, Bellabarba C, Nork SE, Barei DP, Routt ML Jr, Chapman JR. Decompression and lumbopelvic fixation for sacral fracture-dislocations with spino-pelvic dissociation. *J Orthop Trauma*. 2006;20(7):447–457. <https://doi.org/10.1097/00005131-200608000-00001>
14. Pascal-Moussellard H, Hirsch C, Bonaccorsi R. Osteosynthesis in sacral fracture and lumbosacral dislocation. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016;102(1 Suppl): S45–57. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.12.002>
15. Ruatti S, Kerschbaumer G, Gay E, Milaire M, Merloz P, Tonetti J. Technique for reduction and percutaneous fixation of U- and H-shaped sacral fractures. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013;99(5):625–629. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2013.03.025>
16. Käch K, Trentz O. Distraction spondylodesis of the sacrum in “vertical shear lesions” of the pelvis. *Unfallchirurg*. 1994;97(1):28–38. <https://doi.org/10.14444/8070>
17. Bellabarba C, Schildhauer TA, Vaccaro AR, Chapman JR. Complications associated with surgical stabilization of high-grade sacral fracture dislocations with spino-pelvic instability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(11 Suppl): S80–88. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000217949.31762.be>
18. Kepler CK, Schroeder GD, Hollern DA, Chapman JR, Fehlings MG, Dvorak M, Bellabarba C, Vaccaro AR. Do Formal Laminectomy and Timing of Decompression for Patients with Sacral Fracture and Neurologic Deficit Affect Outcome? *J Orthopedic Injury*. 2017; 31(Supplement 4): S 75–80. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000951>
19. Carl A, Delman A, Engler G. Displaced transverse sacral fractures: a case report, review of the literature, and the CT scan as an aid in management. *Clin Orthop*. 1985;(194):195–198. <https://doi.org/10.1097/00003086-198504000-00029>
20. Nonne D, Capone A, Sanna F, Busnelli L, Russo AL, Marongiu G, Dessi G, Ferrelli A. Suicidal jump per's fracture — sacral fractures and spinopelvic instability: a case series. *J Med Case Rep*. 2018;12(1):186. <https://doi.org/10.1186/s13256-018-1668-1>
21. Taguchi T, Kawai S, Kaneko K, Yuge D. Operative management of displaced fractures of the sacrum. *J Orthop Sci*. 1999;4(5):347–352. <https://doi.org/10.1007/s007760050115>
22. Li P, Qiu D, Shi H, Song W, Wang C, Qiu Z, Zhao C, Zhou D. Isolated Decompression for Transverse Sacral Fractures with Cauda Equina Syndrome. *Med Sci Monit*. 2019;25:3583–3590. <https://doi.org/10.12659/MSM.916483>
23. Mahajan R, Tandon V, Das K et al: Management of neglected sacral fracture with cauda equina syndrome: Report of two cases with review of literature. *Spinal Cord Ser Cases*. 2015;1:15020. <https://doi.org/10.1038/scsanc.2015.20> eCollection 2015.
24. Sasaji T, Yamada N, Iwai K. Sacral fracture causing neurogenic bladder: A case report. *Case Rep Med*. 2012;2012:587216. <https://doi.org/10.1155/2012/587216>
25. Blanco JF, De Pedro JA, Hernández P, Santamarta D, Pastor A. Zone III sacral fractures — two case reports. *Injury*. 2004; 35(12):1311–1313. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2003.12.014>
26. Vaccaro AR, Kim DH, Brodke DS, Harris M, Chapman JR, Schildhauer T, Routt L, Sasso RC. Diagnosis and management of sacral spine fractures. *Instr Course Lect*. 2004;53:375–385. <https://doi.org/10.2106/00004623-200401000-00027>
27. Hak DJ, Baran S, Stahel P. Sacral fractures. Current strategies in diagnosis and management. *Orthopedics*. 2009;32(10): orthosupersite.com/view.asp?rID=44034. <https://doi.org/10.3928/01477447-20090818-18>
28. Gibbons KJ, Soloniuk DS, Razack N. Neurological injury and patterns of sacral fractures. *J Neurosurg*. 1990;72(6):889–893. <https://doi.org/10.3171/jns.1990.72.6.0889>
29. Majeed SA. Grading the outcome of pelvic fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1989;71(2):304–306. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.71B2.2925751>