

© CC 0 Коллектив авторов, 2022
УДК 616.718.19-001-089-004.9
DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-6-70-78

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ЗАСТАРЕЛЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТАЗОВОГО КОЛЬЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИГИНАЛЬНЫХ ПЛАСТИН

Я. Г. Гудушаури, А. Ф. Лазарев, Э. И. Солод, Е. И. Калинин*, В. В. Коновалов,
И. Н. Марычев, Н. М. Какабадзе

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

Поступила в редакцию 05.04.2022 г.; принята к печати 06.04.2023 г.

ВВЕДЕНИЕ. Современные технологии 3D-печати имплантатов для оперативного лечения пациентов активно внедряются в медицинскую сферу. Застарелые повреждения таза являются актуальной проблемой в травматологии-ортопедии, и применение разработанной оригинальной металлоконструкции в совокупности с аддитивными технологиями позволяет добиться улучшения результатов лечения больных мужского и женского пола за счет создания адаптированных конструкций с учетом морфологии отдельного пациента.

ЦЕЛЬ – создание адаптированной конструкции с учетом анатомических особенностей для стабильной фиксации костей таза у каждого конкретного пациента с применением современных аддитивных технологий и сравнение результатов лечения с применением серийной полипозиционной пластины и индивидуальной пластины.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ. Мы провели сравнительный анализ результатов лечения в исследуемых группах. Группа № 1 состояла из 30 пациентов с фиксацией переднего отдела таза полипозиционной пластиной, группа № 2 включала 32 пациента с фиксацией индивидуальной реконструктивной пластиной.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Мы использовали компьютерную томографию женского таза. Проведена виртуальная 3D-реконструкция таза женщины и смоделирована оригинальная реконструктивная пластина с учетом морфологии переднего отдела таза в конкретном случае. После отправки результатов компьютерной томографии и согласования модели пластины и ее положения получена готовая титановая оригинальная металлоконструкция. Общий срок от проведения КТ-исследования до изготовления пластины составил 8 дней. В исследуемых группах количество дестабилизаций составило в группе № 1 – 6,6 %, группе № 2 – 0 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Применение аддитивных технологий в изготовлении металлоконструкций позволяет создать адаптированную конструкцию для конкретного пациента с учетом его морфологии. Использование металлоконструкций с применением технологии 3D-печати позволяет улучшить результаты лечения пациентов с застарелыми повреждениями таза и снизить количество дестабилизаций. Небольшие сроки, необходимые для моделирования и создания адаптированной металлоконструкции, позволяют пациентам быстро получить необходимую медицинскую помощь.

Ключевые слова: застарелое повреждение тазового кольца, оперативное лечение, оригинальная методика

Для цитирования: Гудушаури Я. Г., Лазарев А. Ф., Солод Э. И., Калинин Е. И., Коновалов В. В., Марычев И. Н., Какабадзе Н. М. Применение аддитивных технологий при оперативном лечении застарелых повреждений тазового кольца с использованием оригинальных пластин. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова.* 2022;181(6):70–78. DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-6-70-78.

* **Автор для связи:** Евгений Игоревич Калинин, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» Минздрава России, 127299, Россия, Москва, ул. Приорова, д. 10. E-mail: Kalinin_evgeny@mail.ru.

THE APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE SURGICAL TREATMENT OF CHRONIC PELVIC INJURIES USING ORIGINAL PLATES

Yago G. Gudushauri, Anatoly F. Lazarev, Eduard I. Solod, Eugeny I. Kalinin*,
Vyacheslav V. Konovalov, Ivan N. Marychev, Nodari M. Kakabadze

National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov, Moscow, Russia

Received 05.04.2022; accepted 06.04.2023

INTRODUCTION. Modern technologies for 3D printing of implants for surgical treatment of patients are actively introduced into the medical field. Chronic injuries of the pelvis are an actual problem in traumatology and orthopedics,

and the use of the developed original metal structure in conjunction with additive technologies will improve the results of treatment in male and female patients, as it allows creating adapted designs, taking into account the morphology of an individual patient.

The OBJECTIVE was to create the adapted design taking into account anatomical features for stable fixation pelvic bones in each individual patient using modern additive technologies and to compare the results of treatment using a serial polyposition plate and an individual plate.

METHODS AND MATERIALS. We carried out a comparative analysis of the results of treatment in the study groups. Group № 1 consisted of patients with fixation of the anterior pelvis with polyposition plate, group № 2 – fixation with individual reconstructive plate.

RESULTS. We used computed tomography of the female pelvis. A virtual 3D reconstruction of the female pelvis was performed and the original reconstructive plate was modeled taking into account the morphology of the anterior pelvis in a particular case. After sending the results of computed tomography and agreeing on the plate model and its position, a finished titanium original metal structure was obtained. The total period from the CT examination to the manufacture of the plate was 8 days. In the studied groups, the number of destabilizations was: in group № 1 – 6.6 %, in group № 2 – 0 %.

CONCLUSION. The use of additive technologies in the manufacture of metal structures allows creating the adapted design for a particular patient, taking into account his morphology. The use of metal structures using 3D printing technology will improve the results of treatment of patients with chronic pelvic injuries and reduce the number of destabilizations. The short time required for modeling and creating the adapted metal structure allows patients to receive the necessary medical care as soon as possible.

Keywords: *chronic injury of the pelvic ring, surgical treatment, original technique*

For citation: Gudushauri Ya. G., Lazarev A. F., Solod E. I., Kalinin E. I., Konovalov V. V., Marychev I. N., Kaka-badze N. M. The application of additive technologies in the surgical treatment of chronic pelvic injuries using original plates. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2022;181(6):70–78. (In Russ.). DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-6-70-78.

* **Corresponding author:** Evgeny I. Kalinin, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov, 10, Priorova str., Moscow, 127299, Russia. E-mail: Kalinin_evgeny@mail.ru.

Введение. В настоящее время проблема лечения застарелых повреждений костей таза остается актуальной. Среди травм опорно-двигательного аппарата от 5 до 20 % случаев составляют повреждения тазового кольца [1–6]. До 80–90 % высокоэнергетических травм имеют множественный характер и зачастую сопровождаются травматическим шоком. Травматический шок у таких пострадавших обуславливает тяжесть общего состояния, и в первые часы после травмы необходимы экстренные лечебные мероприятия, направленные на сохранение витальных функций пострадавшего [3, 5–7]. Повреждения тазового кольца типа В и С составляют до 50 % повреждений таза и происходят при высокоэнергетическом механическом воздействии [1–11]. Несращение или неправильное сращение сочленений и костей тазового кольца связано, как правило, с неадекватным первичным лечением нестабильных повреждений таза (тип В и С по АО/ОТА) [12–16]. К моменту, когда жизненные функции пациента стабилизированы, повреждение тазового кольца переходит в застарелое и требует особого подхода к оценке тяжести повреждения таза, тактике хирургического лечения и выбору адекватного способа дальнейшего лечения [13–19].

Особенно сложной проблемой является оперативное лечение поврежденных сочленений тазового кольца, особенно лонного сочленения. При хирургической стабилизации застарелых повреждений тазового кольца стандартными методами, применяемыми при лечении свежих повреждений, нередко возникают случаи перелома пластин и дестабилизации конструкции, что требует проведения повторных операций [19]. Современные методы оперативного лечения травмы переднего отдела тазового кольца применяются преимущественно

при острых повреждениях таза и недостаточно эффективны в лечении застарелых повреждений [20–22]. В связи с этим очевидна необходимость разработки новых методик, предназначенных для оперативного лечения застарелых переломов тазового кольца. Оптимальным вариантом решения этого вопроса нам представляется применение аддитивных технологий.

Аддитивные технологии активно внедряются в различные сферы современной медицины [23–28]. 3D-печать имплантатов применяется также и в травматологии-ортопедии, это позволяет создать индивидуальный имплантат, максимально подходящий для конкретного пациента [29–31]. В этой связи были разработаны оригинальные металлоконструкции (патент № 2739692 от 28.12.2020 г.) и экспериментально доказана их более высокая эффективность по сравнению со стандартными методами фиксации переднего отдела таза [32]. С учетом анатомических различий в строении тазового кольца у мужчин и женщин были разработаны женские версии оригинальной конструкции (патент № 2740425 от 14.01.2021 г.)

Целью исследования явилось создание адаптированной конструкции с учетом анатомических



Рис. 1. Полипозиционная пластина
Fig. 1. Polyposition plate



Рис. 2. Рентгенограмма пациентки с установленной полипозиционной пластиной

Fig. 2. X-ray of the patient with the installed polyposition plate

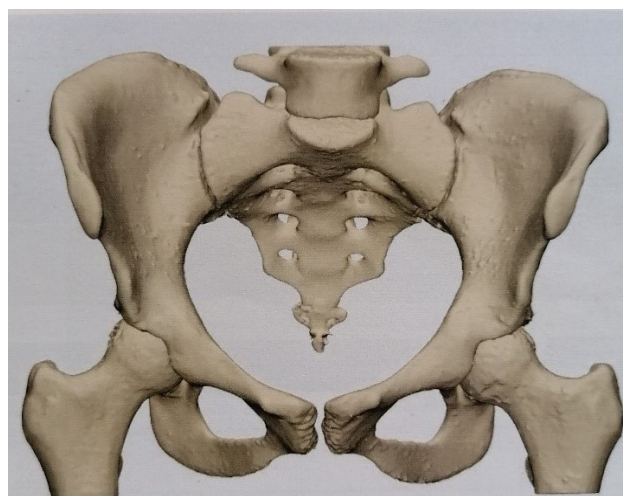


Рис. 3. 3D-модель таза женщины

Fig. 3. 3D-model of the pelvis of a woman



Рис. 4. Макет оригинальной женской реконструктивной пластины

Fig. 4. Model of the original female reconstruction plate

особенностей пациента для стабильной фиксации застарелых повреждений тазового кольца, а также сравнение результатов лечения с применением серийной полипозиционной пластины и индивидуальной пластины.

Методы и материалы. Проведен анализ результатов оперативного лечения 62 больных с разделением их на 2 группы в зависимости от метода остеосинтеза переднего отдела тазового кольца. Пациенты в исследуемых группах отобраны на основании критериев включения. В группе № 1 (30 пациентов, ретроспективная) проводился остеосинтез переднего полукольца таза серийной полипозиционной пластиной. В группе № 2 (32 пациента, проспективная) выполнялся остеосинтез индивидуальной пластиной.

Критерии включения в исследование: травма переднего отдела тазового кольца сроком от 3 недель с момента травмы; пациенты с неудовлетворительным результатом консервативного и оперативного лечения; травмы тазового кольца типа В и С (АО/ОТА); нестабильность тазового кольца.

Критерии исключения: травма переднего отдела кольца до 3 недель с момента травмы; наличие расстройств психики у пациентов; травмы тазового кольца типа А (по АО/ОТА); наличие инфекционных и воспалительных процессов в тазовом кольце.

На этической комиссии ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» обсуждено использование оригинальных пластин при оперативном лечении и получено одобрение. Этический коми-

тет: протокол ЛЭК ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» Минздрава России № 3 от 22.09.2020 г.

Осмотр пациентов проводился амбулаторно через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного лечения. Оценка полученных результатов лечения проводилась в обеих группах по шкале Majeed [33].

Для статистической обработки данных использовалось программное обеспечение IBM SPSS Statistics 26. Для статистического анализа данных применялся U-критерий Манна – Уитни с целью оценки различий результатов в исследуемых группах. Порог статистической значимости соответствовал $P=0,05$.

Результаты. При оперативном лечении серийными полипозиционными пластинами (группа № 1) мы столкнулись с тем, что свойства самой конструкции не позволяют точно смоделировать пластину под анатомические особенности строения таза пациента, что усложняет имплантацию металлоконструкции. Пациентки, которым имплантировалась серийная полипозиционная пластина, в послеоперационном периоде обращались с жалобами на диспаурению, связанными со строением и положением полипозиционной пластины (рис. 1, 2).

Причиной диспаурении после операции является расположение передней части пластины ниже лонно-седалищной дуги. Это обстоятельство потребовало изменения подхода к лечению повреждений таза с учетом гендерных особенностей строения тазового кольца и расположения тазовых органов и послужило поводом для создания женской версии полипозиционной пластины.

С этой целью на дооперационном этапе применялись аддитивные технологии для изготовления индивидуальной конструкции. Разработка метода проводилась с применением 3D-реконструкции компьютерной томографии женского таза с использованием женской пластины с последующим получением 3D-образца данной оригинальной пластины. Моделирование пластины проводилось

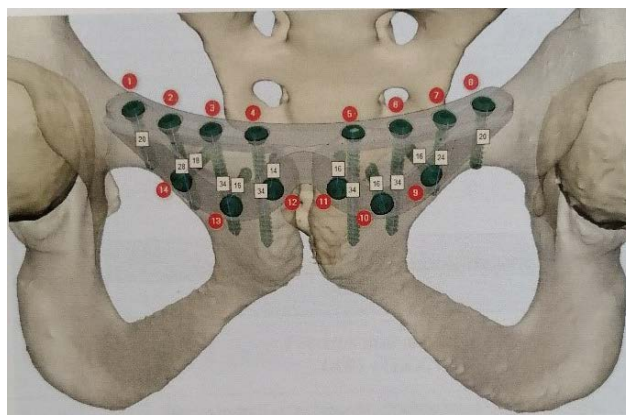


Рис. 5. Макет переднего отдела тазового кольца с установленной пластиной и винтами

Fig. 5. Model of the anterior pelvic ring with the plate and screws in place

совместно с инженерами фирмы «Эндопринт» с последующей 3D-печатью. Используемый материал для печати – Rematitan CL.

Изначально сделана виртуальная 3D-модель таза на основе компьютерной томографии (рис. 3).

Создается виртуальная модель с подвижными элементами в области сочленений для обеспечения предполагаемой репозиции повреждений таза. При проведении репозиции учитываются также данные, полученные при функциональной рентгенографии, а именно: попеременная стойка на правой и левой ноге и лежа на боку. После анализа всех полученных данных и проведенной репозиции подбирается имплантат. В данном случае использовалась одна из женских версий реконструктивной пластины (рис. 4).

Макет пластины моделируется под строение переднего отдела тазового кольца, с измерением размеров, положения и количества отверстий для винтов 3,5 мм. Далее по измерениям толщины костей подбирается длина винтов и их количество для фиксации пластины (рис. 5).

Применение метода построения виртуальной модели таза с последующим наложением шаблона оригинальной пластины позволило спроектировать модель монолитной пластины с полиаксиальным блокированием, точно повторяющей архитектуру переднего отдела тазового кольца (рис. 6).

После согласования модели пластины для конкретной пациентки изготавливается оригинальная пластина из титана. Она точно повторяет виртуальную модель, а отверстия для винтов соответствуют необходимым размерам под кортикальные винты 3,5 мм (рис. 7).

Клиническое наблюдение. Пациентка 33 лет, 1,5 года назад произошел разрыв лонного сочленения при родовой деятельности. Проводилось консервативное лечение по месту жительства в течение 1,5 лет. Пациентка поступила в 1 отделение ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова», выполнен металлodeз переднего полукольца таза стандартной реконструктивной пластиной. Через 2 месяца пациентка обратилась

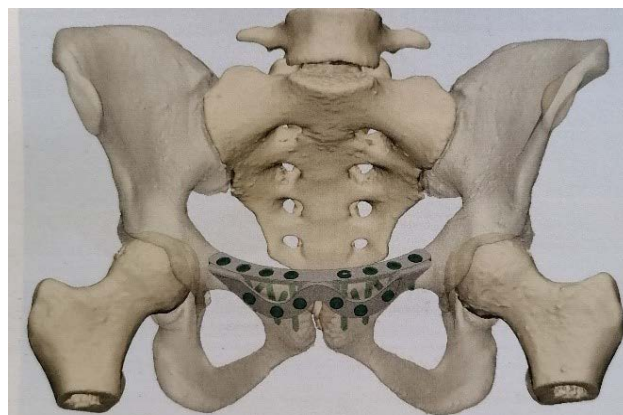


Рис. 6. Окончательная виртуальная 3D модель таза с пластиной

Fig. 6. Final virtual 3D model of the pelvis with plate



Рис. 7. Оригинальная пластина, созданная с применением аддитивных технологий: а – общий вид пластины; б – вид спереди; в – вид сверху

Fig. 7. Original plate created using additive technologies: а – general view of the plate; б – front view; в – top view

с жалобами на боли в области лонного сочленения, чувство нестабильности. При рентгенологическом исследовании был выявлен перелом металлоконструкции (рис. 8).

С целью создания индивидуальной пластины пациентке была выполнена КТ таза. В связи с тем, что у пациентки имела имплантированная пластина и за счет наличия винтов костная масса верхних ветвей лонных костей снижена, для создания модели был выбран макет женской пластины с высокой аркой для распределения нагрузки в лонно-седалищном комплексе (рис. 9)

В течение 8 дней для пациентки была изготовлена индивидуальная пластина (рис. 10).



Рис. 8. Перелом металлоконструкции через 2 месяца после операции

Fig. 8. Fracture of a metal structure 2 months after surgery

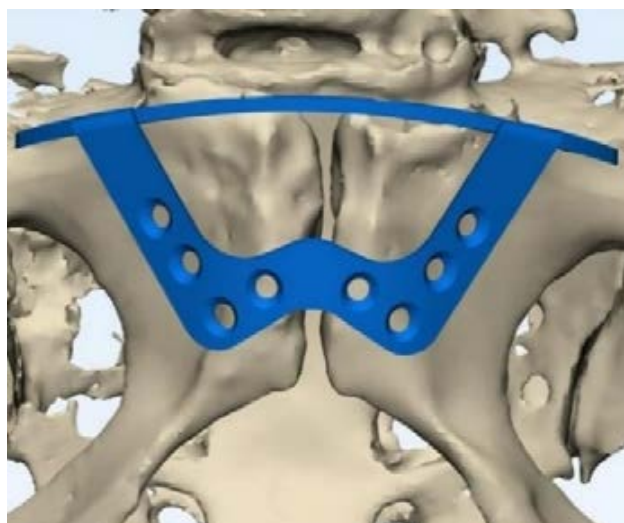


Рис. 9. КТ-реконструкция с моделью женской пластины

Fig. 9. CT reconstruction with female plate model



Рис. 10. Индивидуальная монокристаллическая женская реконструктивная пластина

Fig. 10. Individual monolithic female reconstructive plate

Больной выполнена стабилизация переднего отдела тазового кольца индивидуальной пластиной, которая не выступает ниже лобково-седалищной дуги (рис. 11).

Результаты лечения больных в ретроспективной (№ 1) и проспективной (№ 2) группах представлены в табл. 1.

Проведен статистический анализ отдаленных результатов лечения в исследуемых группах: № 1 – с фиксацией серийной полипозиционной пластиной и № 2 – с фиксацией индивидуальной реконструктивной пластиной с использованием шкалы оценки Majeed. При анализе результатов с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 26, в показателях U-критерия Манна – Уитни получены статистически значимые различия при $p=0,05$ (табл. 2–4).

При анализе полученных в ходе исследования результатов выявлено отсутствие значимого различия отдаленных результатов лечения в 2 группах (№ 1, № 2). Однако результаты лечения в группе № 2 оказались лучше, так как не было ни одного случая дестабилизации тазового кольца и развития диспаурии у пациенток.

Обсуждение. Все пациенты с застарелыми повреждениями таза являются плановыми, что позволяет полноценно обследовать их перед рекон-



Рис. 11. Рентгенограмма после операции с использованием индивидуальной пластины

Fig. 11. X-ray after surgery using a custom plate

структивной операцией [17–19]. Отечественные и зарубежные авторы считают, что застарелые повреждения тазового кольца требуют особого подхода к хирургическому лечению, однако в настоящее время в литературе нет конкретных рекомендаций по выбору оперативного вмешательства [1–5, 18–21].

Стандартные подходы к лечению застарелых повреждений переднего отдела таза не всегда эффективны [19, 34]. Благодаря подтвержденным в эксперименте прочностным характеристикам, разработанные нами оригинальные металлоконструкции показали свою эффективность в сравнении со стандартными пластинами и методами фиксации переднего отдела тазового кольца [32]. Мы пришли к выводу, что использование аддитивных технологий позволит значительно улучшить результаты лечения пациентов с застарелыми повреждениями костей тазового кольца.

Для изготовления индивидуальной пластины пациенту выполняются мультипроекционное

Таблица 1

Оценка результатов лечения больных на основании шкалы Majeed

Table 1

Evaluation of the results of treatment of patients based on the Majeed scale

Результат оперативного лечения	Группа № 1 (n=30)		Группа № 2 (n=32)	
	Полипозиционная пластина		Индивидуальная реконструктивная пластина	
	абс.	%	абс.	%
Отличный	17	56,6	18	56,3
Хороший	8	26,7	9	28,2
Удовлетворительный	4	13,4	5	15,5
Неудовлетворительный	1*	3,3	0	0
В том числе дестабилизация	2**	6,6	0	0
Итого	30	100	32	100

* – пациент с множественными оперативными вмешательствами, включая методы фиксации одной и двумя пластинами. Происходили дестабилизации металлоконструкций. Была произведена стабилизация переднего отдела таза полипозиционной пластиной, после чего развились воспалительные осложнения с дестабилизацией металлоконструкции. Пластина была удалена, воспаление купировано, от дальнейшего оперативного лечения, в том числе АВФ, пациент отказался;

** – у второго больного дестабилизация была выявлена при амбулаторном осмотре спустя 3 года после операции. Пациенту произведено удаление нестабильной пластины и были проведены функциональные рентгенограммы. На основании рентгенограмм была выявлена стабильность тазового кольца и результаты лечения оценены как хорошие.

Таблица 2

Итоги по проверке гипотезы

Table 2

Hypothesis testing results

	Нулевая гипотеза	Критерий	Значимость	Решение
1	Результаты лечения группы № 1 сходны с группой № 2	U-критерий Манна – Уитни для независимых выборок	0,471	Нулевая гипотеза принимается
2	Распределение группы № 1 является одинаковым для группы № 2	Критерий Колмогорова – Смирнова для независимых выборок	0,796	Нулевая гипотеза принимается

Примечание: выводятся асимптотические значимости. Уровень значимости равен 0,05.

Таблица 3

U-критерий Манна – Уитни

Table 3

Mann – Whitney U-test

Сводка U-критерия Манна – Уитни для независимых выборок	
Всего	62
U Манна – Уитни	429,500
Статистика критерия	429,500
Стандартная ошибка	70,029
Стандартизованная статистика критерия	–0,721
Асимптотическая значимость (2-сторонний критерий)	0,471

Таблица 4

Критерий Колмогорова – Смирнова

Table 4

Kolmogorov – Smirnov criterion

Сводка критерия Колмогорова–Смирнова для независимых выборок		
Всего		62
Наибольшие экстремальные расхождения	Абсолютная	0,165
	Положительные	0,048
	Отрицательные	–0,165
Статистика критерия		0,648
Асимптотическая значимость (двухсторонний критерий)		0,796

рентгенологическое исследование с функциональными тестами и компьютерная томография таза. Согласно 3D-модели таза проектируется форма металлоконструкции, определяется расположение винтов и изготавливается пластина из титана. Необходимое обследование пациента и производство металлоконструкции выполняются в течение 7–10 дней.

Выводы. 1. При лечении пациентов с застарелыми повреждениями тазового кольца необходим индивидуальный подход, особенно при планировании операций у женщин.

2. Применение аддитивных технологий позволяет создать 3D-модель таза и адаптированную к его анатомическим особенностям индивидуальную металлоконструкцию с оптимальным расположением винтов. Пластина из титана и ее прочная фиксация обеспечивают надежную стабилизацию переднего полукольца таза.

3. Отдаленные результаты оперативного лечения с использованием индивидуальной металлоконструкции оказались лучше, чем после имплантации полипозиционной пластиной, за счет отсутствия случаев дестабилизации тазового кольца и развития диспаурии у женщин.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания «Оперативное лечение застарелых разрывов лонного симфиза и их осложнений с использованием кастомизированных имплантов» № 121052600266-3.

Funding source

The work was done within the framework of the state assignment «Surgical treatment of chronic ruptures of the pubic symphysis and their complications using customized implants» № 121052600266-3.

ЛИТЕРАТУРА

- Лазарев А. Ф., Гудушаури Я. Г., Костив Е. П. и др. Клинические аспекты осложнений повреждений таза // Тихоокеанский медицинский журнал. 2017. № 1. С. 17–23.
- Загородний Н. В., Колесник А. И., Лазарев А. Ф. и др. Современные тенденции в оперативном лечении больных с повреждениями таза

- и вертлужной впадины (обзор литературы) // Гений Ортопедии. 2000. Т. 26, № 2. С. 266–274.
- Бондаренко А. В., Круглыхин И. В., Плотноков И. А., Войтенко А. Н., Жмурков О. А. Особенности лечения повреждений таза при политравме // Политравма. 2014. № 3. С. 46–57.
- Донченко С. В., Дубров В. Э., Слиняков Л. Ю. и др. Алгоритм хирургического лечения нестабильных повреждений тазового кольца // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2013. № 4. С. 9–16.
- Шапкин Ю. Г., Селиверстов П. А. Тактика лечения нестабильных повреждений таза при политравме // Новости хирургии. 2015. Т. 23, № 4. С. 452–459. Doi: 10.18484/2305-0047.2015.4.452.
- Simon R. R., Sherman S., Koenigsnecht S. J. Emergency Orthopedics. The Extremities. McGraw-Hill Professional Pub, 2007. P. 361–391.
- Смирнов А. А. Оперативное лечение вертикально-нестабильных повреждений таза (тип С по классификации АО) // Травматология и ортопедия России. 2012. Т. 1, № 63. С. 73–76.
- Tile M. Acute pelvic fractures: I. Causation and classification // J Am Acad Orthop Surg. 1996. № 4. С. 143–151.
- Kanakaris N. K. et al. Treatment and outcomes of pelvic malunions and nonunions: a systematic review // Clin Orthop Relat Res. 2009. Vol. 467, № 8. P. 2112–24. Doi: 10.1007/s11999-009-0712-2.
- Balachevsky D. et al. Treatment of pelvic fractures – a national survey // Injury. 2014. № 45, Suppl. 5. P. S46–51. Doi: 10.1016/S0020-1383(14)70021-X.
- Бялик Е. И., Файн А. М. Этапное лечение повреждений в области лонного сочленения с применением оригинального фиксатора у пострадавших с сочетанной травмой таза // Политравма. 2013. № 4. С. 30–34.
- Enninghorst N. et al. Acute definitive internal fixation of pelvic ring fractures in polytrauma patients: a feasible option // J Trauma. 2010. Vol. 68, № 4. P. 935–41. Doi: 10.1097/TA.0b013e3181d27b48.
- Michael D. Stover M. D., Edelstein A. I., Matta J. M. Chronic anterior pelvic instability: diagnosis and management // Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2017. Vol. 25, Issue 7. P. 509–517. Doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00338.
- Гришук А. Н. Оперативное лечение последствий повреждений таза // Acta Biomedica Scientifica. 2007. № 1. С. 166–167.
- Мартель И. И., Шведов В. В. Возможности внешней фиксации по принципам Илизарова при закрытом восстановлении формы и стабильности тазового кольца у больных с застарелыми повреждениями таза // Гений Ортопедии. 2013. № 2. С. 5–9.
- Шлыков И. Л. Варианты хирургической техники в зависимости от вида деформации таза // Пермский медицинский журнал. 2009. Т. 26, № 6. С. 50–53.
- Колесник А. И., Докалин А. Ю., Солодилов И. М. и др. Ретроспективный анализ результатов консервативного и оперативного лечения больных с повреждениями таза // Человек и его здоровье. 2017. № 2. С. 17–23. Doi: 10.21626/vestnik/2017-2/03.
- Stover M. D., Edelstein A. I., Matta J. M. Chronic Anterior Pelvic Instability: Diagnosis and Management // J Am Acad Orthop Surg. 2017; Vol. 25, № 7. P. 509–517. Doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00338. PMID: 28574938.
- Лазарев А. Ф., Солод Э. И., Гудушаури Я. Г., Калинин Е. И., Коновалов В. В., Марычев И. Н. Проблемы оперативного лечения застарелых повреждений переднего отдела тазового кольца // Практическая медицина. 2021. Т. 19, № 3. С. 47–54. Doi: 10.32000/2072-1757-2021-3-47-54.
- Лазарев А. Ф., Солод Э. И., Петровский Р. А. и др. Возможности малоинвазивной фиксации переднего отдела тазового кольца спицей с нарезкой // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2018. № 3–4. С. 6–11. Doi: 10.17116/orto201803-0416.
- Семенов П. В., Григорьев А. В., Ратъев А. П., Гордиенко Д. И., Кузин В. В., Скорогляднов А. В. Малоинвазивный остеосинтез при лечении нестабильных повреждений тазового кольца // Кафедра травматологии и ортопедии. 2016. № 2. С. 25–29.
- Иванов П. А., Заднепровский Н. Н., Неведров А. В., Каленский В. О. Внутрикостная фиксация переломов лонной кости штифтом с блокированием: первый клинический опыт // Травматология и ортопедия России. 2018. Т. 24, № 4. С. 111–120.
- Приходько А. А., Виноградов К. А., Вахрушев С. Г. Меры по развитию медицинских аддитивных технологий в Российской Федерации //

- Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2019. Т. 2, № 36. С. 10–15. Doi: 10.31556/2219-0678.2019.36.2.010-015.
24. Иванов В. П., Ким А. В., Хачатрян В. А. 3D-печать в краниофациальной хирургии и нейрохирургии. Опыт ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» // Нейрохирургия и неврология детского возраста. 2018. № 3. С. 28–39. Doi: 10.29296/25877305-2021-10-02.
 25. Кулешов А. А., Ветрилэ М. С., Шкарубо А. Н. и др. Аддитивные технологии в хирургии деформаций позвоночника // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2018. Т. 3–4. С. 19–29. Doi: 10.17116/vto 201803-04119.
 26. Колесник А. И., Гаврюшенко Н. С., Фомин Л. В. и др. Репозиционно-фиксационное кольцо для оперативного лечения пациентов с переломами вертлужной впадины (предварительные результаты статических испытаний) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2021. Т. 28, № 2. С. 29–38. Doi: 10.17816/vto77159.
 27. Ветрилэ М. С., Кулешов А. А., Макаров С. Н. и др. Особенности позвоночно-тазовой фиксации при деформациях и травматических повреждениях позвоночника // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2021. Т. 28, № 1. С. 17–27. Doi: 10.17816/vto63954.
 28. Aimar A., Palermo A., Innocenti B. The role of 3D printing in medical applications: a state of the art. // J Healthc Eng. 2019. Vol. 2019. P. 5340616. Doi: 10.1155/2019/5340616. PMID: 31019667; PMCID: PMC6451800.
 29. Яриков А. В., Горбатов Р. О., Денисов А. А. и др. Применение аддитивных технологий 3D-печати в нейрохирургии, вертебрологии, травматологии и ортопедии // Клиническая практика. 2021. Т. 12. № 1. С. 90–104. Doi: 10.17816/clinpract64944.
 30. Алексанян О. А., Чрагян Г. А., Каграманов С. В., Загородний Н. В. Лечение обширного дефекта вертлужной впадины у пациентки с асептической нестабильностью тотального эндопротеза тазобедренного сустава // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2020. Т. 27, № 3. С. 60–66. Doi: 10.17816/vto202027360-66.
 31. Stover M. D., Edelstein A. I., Matta J. M. Chronic anterior pelvic instability: diagnosis and management // J Am Acad Orthop Surg. 2017. Vol. 25, № 7. P. 509–517. Doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00338. PMID: 28574938.
 32. Лазарев А. Ф., Солод Э. И., Гудушаури Я. Г., Калинин Е. И., Коновалов В. Экспериментальное исследование прочностных характеристик фиксации лонного симфиза оригинальной пластиной для реконструкции переднего полукольца таза // Acta Biomedica Scientifica. 2021. Т. 6, № 3. С. 185–192. Doi: 10.29413/ABS.2021-6.3.19.
 33. Majeed S. A. Grading the outcome of pelvic fractures // J Bone Joint Surg. 1989. Vol. 71. P. 304–306.
 34. Kanakaris N. K. et al. Treatment and outcomes of pelvic malunions and nonunions: a systematic review // Clin Orthop Relat Res. 2009. Vol. 467, № 8. P. 2112–24. Doi: 10.1007/s11999-009-0712-2.
 10. Balbachevsky D. et al. Treatment of pelvic fractures – a national survey // Injury. 2014(45, Suppl.5):S46–51. Doi: 10.1016/S0020-1383(14)70021-X.
 11. Bialik E. I., Fain A. M. Staged treatment of injuries in the area of the pubic symphysis using the original fixator in patients with concomitant pelvic trauma // Polytrauma. 2013;(4):30–34. (In Russ.).
 12. Enninghorst N. et al. Acute definitive internal fixation of pelvic ring fractures in polytrauma patients: a feasible option // J Trauma. 2010; 68(4):935–41. Doi: 10.1097/TA.0b013e3181d27b48.
 13. Michael D. Stover M. D., Edelstein A. I., Matta J. M. Chronic anterior pelvic instability: diagnosis and management // Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2017;25(7):509–517. Doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00338.
 14. Grischuk A. N. Surgical treatment of consequences of pelvic injuries // Acta Biomedica Scientifica. 2007;(1):166–167. (In Russ.).
 15. Martel I. I., Swedes V. V. Possibilities of external fixation according to the Ilizarov principles in closed restoration of the shape and stability of the pelvic ring in patients with chronic pelvic injuries // Genius of Orthopedics. 2013;(2):5–9.
 16. Shlykov I. L. Variants of surgical technique depending on the type of pelvic deformity // Perm Medical Journal. 2009;26(6):50–53. (In Russ.).
 17. Kolesnik A. I., Dokalin A. Yu., Solodilov I. M. et al. Retrospective analysis of the results of conservative and surgical treatment of patients with pelvic injuries // Man and his health. 2017;(2)17–23. (In Russ.). Doi: 10.21626/vestnik/2017-2/03.
 18. Stover M. D., Edelstein A. I., Matta J. M. Chronic Anterior Pelvic Instability: Diagnosis and Management // J Am Acad Orthop Surg. 2017;25(7):509–517. Doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00338. PMID: 28574938.
 19. Lazarev A. F., Solod E. I., Gudushauri Ya. G., Kalinin E. I., Kononov V. V., Marychev I. N. Problems of surgical treatment of chronic injuries of the anterior pelvic ring // Practical medicine. 2021;19(3):47–54. (In Russ.). Doi: 10.32000/2072-1757-2021-3-47-54.
 20. Lazarev A. F., Solod E. I., Petrovsky R. A. et al. Possibilities of minimally invasive fixation of the anterior part of the pelvic ring with a threaded wire // Bulletin of Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov. 2018;(3–4):6–11. (In Russ.). Doi: 10.17116/vto201803-0416.
 21. Semenov P. V., Grigoriev A. V., Ratiev A. P. et al. Minimally invasive osteosynthesis in the treatment of unstable pelvic ring injuries // Department of Traumatology and Orthopedics. 2016;(2):25–29. (In Russ.).
 22. Ivanov P. A., Zadneprovskii N. N., Nevedrov A. V., Kalenskii V. O. Intraosseous fixation of pubic bone fractures with locking nail: first clinical experience // Traumatology and Orthopedics of Russia. 2018;24(4):111–120. (In Russ.).
 23. Prikhodko A. A., Vinogradov K. A., Vakhrushev S. G. Measures for the development of medical additive technologies in the Russian Federation // Medical technologies. Evaluation and choice. 2019;2(36):10–15. (In Russ.). Doi: 10.31556/2219-0678.2019.36.2.010-015.
 24. Ivanov V. P., Kim A. V., Khachatryan V. A. 3D printing in craniofacial surgery and neurosurgery. The experience of the Federal State Budgetary Institution "N.M.V.A. Almazova" // Neurosurgery and neurology of childhood. 2018;(3):28–39. (In Russ.). Doi: 10.29296/25877305-2021-10-02.
 25. Kuleshov A. A., Vetrile M. S., Shkarubo A. N. et al. Additive technologies in spinal deformity surgery // N. N. Priorov Bulletin of Traumatology and Orthopedics. 2018;3–4:19–29. (In Russ.). Doi: 10.17116/vto201803-04119.
 26. Kolesnik A. I., Gavryushenko N. S., Fomin L. V. et al. Repositioning-fixation ring for surgical treatment of patients with acetabular fractures (preliminary results of static tests) // N. N. Priorov Bulletin of Traumatology and Orthopedics. 2021;28(2):29–38. (In Russ.). Doi: 10.17816/vto77159.
 27. Vetrile M. S., Kuleshov A. A., Makarov S. N. et al. Features of vertebral-pelvic fixation in deformities and traumatic injuries of the spine // N. N. Priorov Bulletin of Traumatology and Orthopedics. 2021;28(1):17–27. (In Russ.). Doi: 10.17816/vto63954.
 28. Aimar A., Palermo A., Innocenti B. The role of 3D printing in medical applications: a state of the art // J Healthc Eng. 2019;2019:5340616. Doi: 10.1155/2019/5340616. PMID: 31019667; PMCID: PMC6451800.
 29. Yarikov A. V., Gorbатов R. O., Denisov A. A. et al. Application of additive 3D printing technologies in neurosurgery, vertebrology, traumatology and orthopedics // Clinical practice. 2021;12(1):90–104. (In Russ.). Doi: 10.17816/clinpract64944.
 30. Aleksanyan O. A., Chragyan G. A., Kagramanov S. V., Zagorodniy N. V. Treatment of an extensive acetabular defect in a patient with aseptic

REFERENCES

1. Lazarev A. F., Gudushauri Ya. G., Kostiv E) et al. Clinical aspects of complications of pelvic injuries // Pacific Medical Journal. 2017;(1):17–23. (In Russ.).
2. Zagorodniy N. V., Kolesnik A. I., Lazarev A. F. et al. Dorokhin Modern trends in the surgical treatment of patients with injuries of the pelvis and acetabulum (literature review) // Genius Orthopedics. 2000;26(2):266–274.2. (In Russ.).
3. Bondarenko A. B., Kruglykhin I. V., Plotnikov I. A., Voitenko A. N., Zhmurkov O. A. Features of the treatment of pelvic injuries in polytrauma // Polytrauma. 2014;(3):46–57. (In Russ.).
4. Donchenko S. V., Dubrov V. E., Slinyakov L. Yu. et al. Algorithm for the surgical treatment of unstable injuries of the pelvic ring // N. N. Priorov Bulletin of Traumatology and Orthopedics. 2013;(4):9–16. (In Russ.).
5. Shapkin Yu. G., Seliverstov P. A. Tactics of treatment of unstable pelvic injuries in polytrauma // Surgery News. 2015;23(4):452–459. (In Russ.). Doi: 10.18484/2305-0047.2015.4.452.
6. Simon R. R., Sherman S., Koenigsnecht S. J. Emergency Orthopedics. The Extremities. [McGraw-Hill Professional Pub, 2007:361–391.
7. Smimov A. A. Surgical treatment of vertically unstable pelvic injuries (type C according to the AO classification) / A. A. Smimov // Traumatology and Orthopedics of Russia. 2012;1(63):73–76. (In Russ.).
8. Tile M. Acute pelvic fractures: I. Causation and classification // J Am Acad Orthop Surg. 1996;(4):143–151.
9. Kanakaris N. K. et al. Treatment and outcomes of pelvic malunions and nonunions: a systematic review // Clin Orthop Relat Res. 2009;467(8):2112–24. Doi: 10.1007/s11999-009-0712-2.

- instability of a total hip endoprosthesis // N. N. Priorov Bulletin of Traumatology and Orthopedics. 2020;27(3):60–66. (In Russ.). Doi: 10.17816/vto202027360-66.
31. Stover M. D., Edelstein A. I., Matta J. M. Chronic anterior pelvic instability: diagnosis and management // J Am Acad Orthop Surg. 2017;25(7):509–517. Doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00338. PMID: 28574938.
 32. Lazarev A. F., Solod E. I., Gudushauri Ya. G., Kalinin E. I., Konovalov V. V. Experimental study of the strength characteristics of fixation of the pubic symphysis with an original plate for the reconstruction of the anterior semiring of the pelvis // Acta Biomedica Scientifica. 2021;6(3):185–192. (In Russ.). Doi: 10.29413/ABS.2021-6.3.19.
 33. Majeed S. A. Grading the outcome of pelvic fractures // J Bone Joint Surg. 1989;71:304–306.
 34. Kanakaris N. K. et al. Treatment and outcomes of pelvic malunions and nonunions: a systematic review // Clin Orthop Relat Res. 2009; 467(8):2112–24. Doi: 10.1007/s11999-009-0712-2.

Информация об авторах:

Гудушаури Яго Гогиевич, доктор медицинских наук, врач-травматолог-ортопед центра Острой травмы и ее последствий, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова (Москва, Россия); **Лазарев Анатолий Федорович**, профессор, доктор медицинских наук, Руководитель центра Острой травмы и ее последствий, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова (Москва, Россия); **Солад Эдуард Иванович**, доцент, доктор медицинских наук, Ведущий научный сотрудник центра Острой травмы и ее последствий, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова (Москва, Россия); **Калинин Евгений Игоревич**, врач-травматолог-ортопед, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-2766-5670, SPIN: 6659-2285; **Коновалов Вячеслав Валерьевич**, врач-травматолог-ортопед, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-8954-9192, SPIN: 9552-2408; **Марычев Иван Николаевич**, врач-травматолог-ортопед, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-5268-4972, SPIN: 9151-7883; **Какабадзе Нодари Малхазович**, клинический ординатор, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-6602-3350.

Information about authors:

Gudushauri Yago G., Dr. of Sci. (Med.), Traumatologist-Orthopedist of the Center for Acute Injury and Its Consequences, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov (Moscow, Russia); **Lazarev Anatoly F.**, Professor, Dr. of Sci. (Med.), Head of the Center for Acute Injury and Its Consequences, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov (Moscow, Russia); **Solod Eduard I.**, Associate Professor, Dr. of Sci. (Med.), Leading Research Fellow of the Center for Acute Injury and Its Consequences, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov (Moscow, Russia), SPIN: 4964-3457; **Kalinin Evgeny I.**, Traumatologist-Orthopedist, Postgraduate Student, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0003-2766-5670, SPIN: 6659-2285; **Konovalov Vyacheslav V.**, Traumatologist-Orthopedist, Postgraduate Student, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-8954-9192, SPIN: 9552-2408; **Marychev Ivan N.**, Traumatologist-Orthopedist, Postgraduate Student, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-5268-4972, SPIN: 9151-7883; **Kakabadze Nodari M.**, Clinical Resident, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-6602-3350.