

DOI: <https://doi.org/10.51922/2074-5044.2026.3.38>

К. А. Федоров¹, Е. В. Овчинников¹, А. А. Литвинчик¹,
С. М. Хейлик¹, Н. Я. Кондубов²

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА ТЕХНИЧЕСКИХ ТРУДНОСТЕЙ
ПРИ УДАЛЕНИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ
ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ**

*ГУ «432 ордена Красной Звезды главный военный клинический медицинский
центр Вооруженных Сил Республики Беларусь», Минск, Республика Беларусь¹
Военно-медицинский институт
в УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
Минск, Республика Беларусь²*

K. A. Fedorov¹, E. V. Ovchinnikov¹, A. A. Litvinchik¹, S. M. Hejlik¹, N. Ya. Kondubov²

**PREDICTION OF THE RISK OF TECHNICAL DIFFICULTIES
IN REMOVING METAL STRUCTURES FROM LONG TUBULAR BONES
OF THE EXTREMITIES**

*432 Order of the Red Star Main Military Clinical Medical Center of the Armed Forces
of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus¹
Military Medical Institute at the Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus²*

Применение металлоконструкций для костного и интрамедуллярного остеосинтеза представляет собой «золотой стандарт» лечения переломов длинных трубчатых костей как в Республике Беларусь и странах СНГ, так и во всем остальном мире. При полной костной консолидации в зоне перелома и отсутствии противопоказаний удаление имплантата обычно планируется при жалобах пациента на боль в области установки конструкции (часто в холодную погоду), наличии ограничений в профессиональной деятельности, связанных с имплантатом, а также у пациентов молодого возраста, особенно у женщин, планирующих беременность. В редких случаях показанием может служить психологический дискомфорт. К абсолютным показаниям, помимо местных инфекционных осложнений, относят и социальные факторы, в том числе особенности профессий, связанных с военной службой. Противопоказаниями к удалению после успешной консолидации считаются локализация конструкции в области таза (за исключением лонного сочленения), установленные передним доступом имплантаты на по-

звоночнике, а также пластины в области плеча при риске ятрогенного повреждения лучевого нерва [3]. Согласно зарубежным исследованиям, при отсутствии осложнений средний срок планового удаления металлоконструкций с трубчатых костей составляет от 6 до 18 месяцев [4]. Однако на практике часто встречаются случаи, когда удаление не выполняется в эти сроки. Исследования подтверждают, что удаление имплантатов со значительным превышением сроков фиксации достоверно чаще сопряжено с техническими сложностями [5]. Несмотря на то что некоторые производители прилагают к изделиям рекомендации по срокам удаления, их учёт в медицинской документации пациентов в странах СНГ не получил широкого распространения.

Следует отметить, что примерно в трети случаев плановое удаление металлоконструкций в ортопедии связано с непредвиденными техническими трудностями [3]. К ним относятся: длительный поиск конструкции в зоне костной мозоли, сложности с подбором инструментария (например, из-за неустановленного происхождения имплантата, если пациент обращается в дру-

гую клинику), необходимость применения специального инструмента (боры, трепаны, наборы для удаления), а также излишняя травматизация окружающих тканей с формированием костного дефекта. В совокупности это зачастую делает операцию по удалению более сложной и длительной, чем первоначальный остеосинтез [5]. Повторное хирургическое вмешательство само по себе сопряжено с повышенным риском послеоперационных осложнений. Отдельные исследования указывают, что технические трудности достоверно чаще возникают при наличии в конструкции заблокированных винтов, а также у пациентов более молодого возраста [6]. Согласно опросам, лишь 0,6 % травматологов-ортопедов никогда не сталкивались с техническими сложностями при удалении металлоконструкций с конечностей [4]. Факторы, обуславливающие эти трудности, могут быть как внешними (клинические традиции, опыт хирурга, качество и материал конструкции, наличие послеоперационных осложнений), так и связанными с пациентом (соблюдение рекомендаций, реакция костной ткани и местного иммунитета на имплантат, срок фиксации).

Вследствие вышесказанного, мировое травматологическое сообщество до сих пор не выработало единой концепции относительно необходимости удаления металлоконструкций после успешного остеосинтеза, поскольку потенциальные технические сложности и риски послеоперационных осложнений часто ставят под сомнение целесообразность такого вмешательства [4, 7, 8]. Одни авторы отмечают, что удаление пластин с костей верхней конечности у пациентов с болью или функциональными нарушениями приводит к исчезновению симптомов более чем в половине случаев, тогда как при удалении имплантатов, лишь по причине дискомфорта, субъективное улучшение наблюдается реже [1, 9]. Другие исследователи сообщают о высоком проценте успешных и беспроблемных удалений [2, 7, 10].

В настоящее время данное направление в ортопедии остаётся недостаточно изученным. Для формирования обоснованного решения в каждом конкретном случае требуется выявить взаимосвязь между определёнными предикторами и техническими сложностями при удалении. Некоторые факторы, предполагающие риск непредвиденных трудностей, можно оценить уже на этапе предоперационного планирования: рентгенологические признаки остеоинтеграции, срок и тип фиксации (моно- или бикортикальная,

наличие заблокированных винтов), возраст и пол пациента, локализация и материал имплантата. Установление прогностической значимости этих факторов может лечь в основу создания шкалы интраоперационного риска, которая позволила бы минимизировать как послеоперационные осложнения, так и неоправданные затраты времени и ресурсов.

Материал и методы

Материалом для данного ретроспективного исследования послужили 134 истории болезни стационарных пациентов 2-го травматологического отделения 432-го ордена Красной Звезды главного военного клинического медицинского центра Вооружённых Сил Республики Беларусь, которым в период с 01.01.2017 по 01.11.2025 было выполнено плановое оперативное вмешательство по удалению металлоконструкции после ранее проведённого накостного остеосинтеза переломов костей конечностей.

Критериями включения в выборку являлись: металлоконструкция в виде пластины, фиксированной винтами; возраст пациента не менее 18 лет; отсутствие осложнений в послеоперационном периоде после первичного остеосинтеза; рентгенологически подтверждённая полная консолидация перелома на момент удаления; отсутствие промежуточных вмешательств по частичному удалению имплантата.

Для оценки непараметрических показателей использовался U-критерий Манна-Уитни. Анализ дисперсий двух выборок по отдельным показателям (пол, возраст, срок фиксации) проводился с помощью точного критерия Фишера. Для определения степени связи между рентгенологическими признаками остеоинтеграции и наличием технических трудностей при удалении имплантата рассчитывалось отношение шансов (OR). Обработка данных выполнялась в программах «Statistica 10.0» и «Microsoft Excel 2010».

В исследуемой выборке оценивались следующие параметры: возраст и пол пациента; срок фиксации металлоконструкции; материал имплантата (сталь или титан); наличие заблокированных винтов; тип фиксации (моно- или бикортикальная); наличие рентгенологических признаков остеоинтеграции (признак «песочных часов», наличие костной мозоли над поверхностью пластины); наличие металлических фрагментов по данным послеоперационного рентген-контроля; анатомический сегмент и треть длинной трубчатой кости (проксимальная, средняя, дистальная).

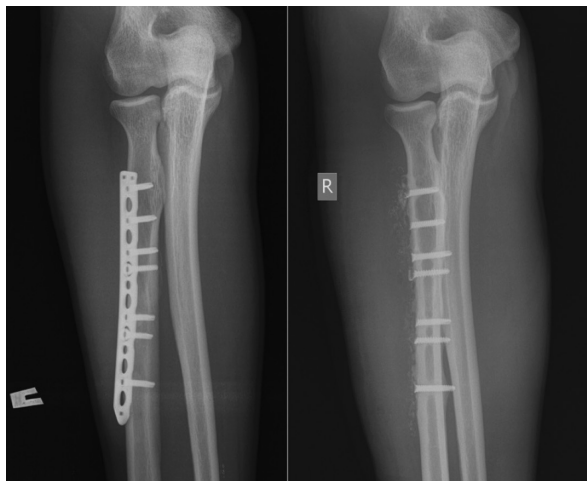


Рис. 1. Клинический пример трудностей при удалении металлоконструкции диафиза лучевой кости и, как следствие, частичного оставления имплантата в кости (слева – до операции, справа – после операции)

Основным анализируемым признаком являлось наличие технических трудностей при удалении. К ним были отнесены случаи, характеризующиеся обнаружением металлических элементов (фрагментов винтов, осколков, стружки и т. д.) в зоне фиксации на послеоперационных снимках, а также прямым указанием на технические сложности в протоколе оперативного вмешательства (рис. 1).

Для проведения анализа выборка была разделена на две группы: группу с техническими трудностями при удалении имплантата и группу без таковых.

Результаты и обсуждение

Группа без технических трудностей при удалении металлоконструкции включила 105 пациентов (78,36 % от общей выборки): 74 мужчины

(70,48 % группы) и 31 женщина (29,52 % группы). Средний возраст в этой группе составил $40,7 \pm 15,84$ лет. Средний срок фиксации на момент удаления – $1,62 \pm 0,78$ лет.

Группа с техническими трудностями при удалении включила 29 пациентов (21,64 % от выборки): 27 мужчин (93,1 % группы) и 2 женщины (6,9 % группы). Средний возраст в этой группе – $35,1 \pm 16,24$ лет. Средний срок фиксации на момент удаления – $2,67 \pm 2,17$ лет.

В рассматриваемых группах различия по полу статистически значимы ($p < 0,01$, точный критерий Фишера), у мужчин технические трудности при удалении металлоконструкций достоверно чаще, что может быть обусловлено более плотной структурой костей у них. По возрасту статистически значимых различий не обнаружено ($p > 0,05$).

Сравнение сроков фиксации имплантата с помощью U-критерия Манна-Уитни показало значимые различия между группами ($p < 0,001$). Более длительный срок фиксации можно рассматривать как предиктор технических трудностей, поскольку продолжительная реструктуризация костной ткани может приводить к её уплотнению и формированию гипертрофированной костной мозоли, охватывающей имплантат.

Среди изученных показателей были выделены потенциальные факторы риска технических трудностей, разделённые на высокозначимые ($p < 0,001$) и умеренно значимые ($p < 0,01$) (рис. 2).

Анализ материала имплантата выявил, что титановые конструкции достоверно реже ассоциированы с техническими трудностями, что связано с их более высокой биосовместимостью и, как следствие, менее выраженной реакцией костной ткани на имплантат по сравнению со стальными металлоконструкциями.

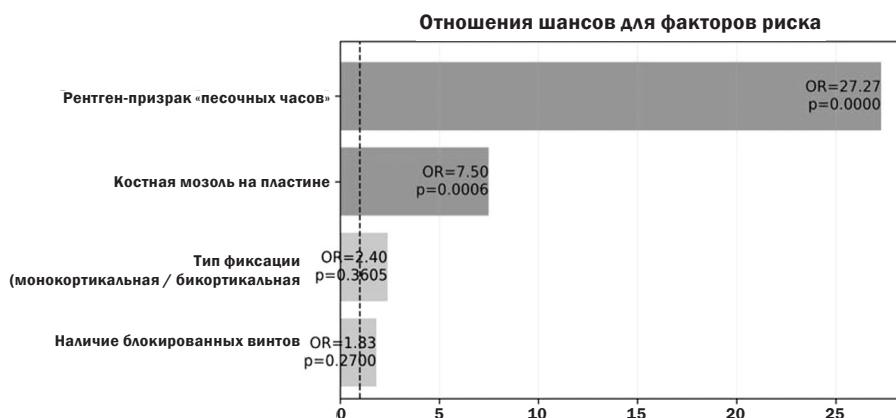


Рис. 2. Диаграмма отношений шансов значимых факторов риска возникновения технических трудностей при удалении металлоконструкции

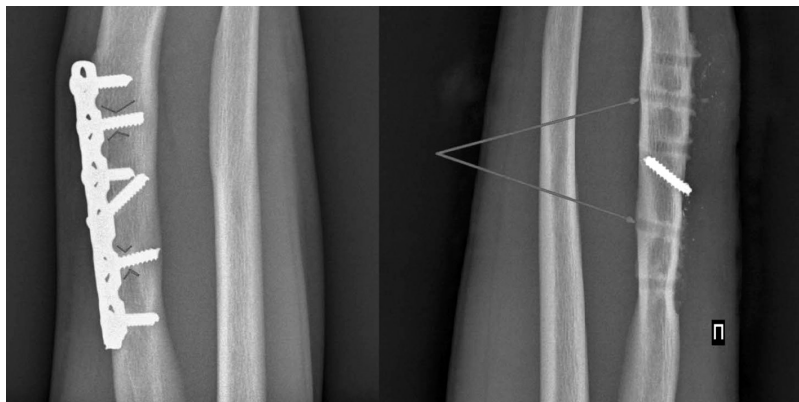


Рис. 3. Рентген-признак «песочных часов» в средней трети правой лучевой кости до операции (слева, выделено красными линиями) и после операции (справа, обозначено красными стрелками)

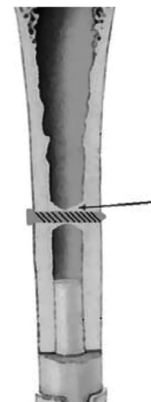


Рис. 4. Остеоинтеграция по типу «песочных часов» в трубчатой кости (обозначено черной стрелкой)

Рентгенологический признак «песочных часов» является высокосignимым фактором риска ($OR = 27,27$; $p < 0,001$) (рис. 3). Он эквивалентен формированию костной мозоли со стороны костно-мозгового канала в ответ на присутствие инородного тела. Такая остеинтеграция затрудняет удаление винтов, увеличивая площадь плотного контакта костной ткани с резьбой и повышая физическое сопротивление при их извлечении.

Наличие костной мозоли над пластиной, определяемое при предоперационном рентгенологическом контроле, также является высокосignимым фактором риска ($OR = 7,5$; $p < 0,001$). Это обусловлено необходимостью дополнительного времени для поиска и обнажения пластины, скрытой под слоем костной ткани.

Достоверно чаще технические трудности при удалении возникают, если в металлоконструкции присутствовали заблокированные винты ($OR = 1,83$), что делает данный признак умеренно значимым фактором риска. Блокированные винты за счет трения о резьбовую часть пластины создают дополнительное сопротивление, а в отдельных случаях даже может наблюдаться явление «холодной сварки» винтов с пластиной, что делает их удаление крайне затруднительным.

При анализе локализации установки имплантатов наибольшее число технических трудностей было отмечено при удалении металлоконструкций из лучевой кости (38,5 %), обеих костей предплечья (42,9 %), а также из большеберцовой и малоберцовой костей (15,8 % и 12,8 % соответственно). При этом сложности чаще возникали при удалении имплантатов из средней и дистальной трети трубчатой кости, тогда как при проксимальной локализации – лишь в еди-

ничных случаях. Это объясняется тем, что для остеосинтеза дистальных отделов костей предплечья и голени практически всегда применяется бикортикальная фиксация, которая является умеренно значимым фактором риска ($OR = 2,4$).

На основе проведенного анализа и выявленных факторов была составлена прогностическая модель в виде балльной шкалы (табл. 1).

Таблица 1. Шкала оценки риска возникновения технических трудностей при удалении металлоконструкции костей конечностей

Фактор риска технических трудностей при удалении металлоконструкции		Количество баллов
Срок фиксации > 2 лет		2 балла
Рентген-признак «песочных часов»		2 балла
Костная мозоль над имплантатом		2 балла
Наличие заблокированных винтов		1 балл
Бикортикальная фиксация		1 балл
Стратификация риска по количеству баллов:		
0–2 балла	Низкий риск (вероятность технических трудностей ~5–10 %)	
3–4 балла	Средний риск (вероятность технических трудностей ~25–40 %)	
≥5 баллов	Высокий риск (вероятность технических трудностей ~60–80 %)	

Проверка предложенной модели на нашей выборке показала следующее распределение пациентов по группам риска:

низкий риск – 38 пациентов, из них с техническими трудностями – 3 (7,89 %), средний балл – 1,68;

средний риск – 73 пациента, из них с техническими трудностями – 10 (13,51 %), средний балл – 3,66;

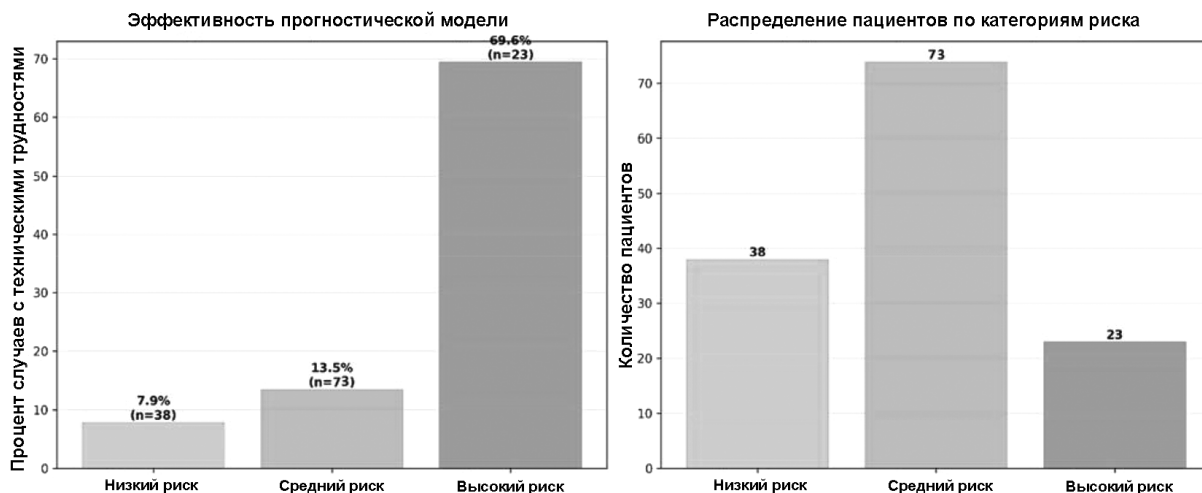


Рис. 5. Результаты анализа выборки в разрезе предложенной прогностической модели (слева – диаграмма эффективности прогностической модели, справа – диаграмма распределения пациентов по категориям риска)

высокий риск – 23 пациента, из них с техническими трудностями – 16 (69,57 %), средний балл – 6,89.

Средний балл риска по всей выборке составил 3,74 при диапазоне от 0 до 8. Также была оценена эффективность прогностической модели (рис. 5).

Заключение

В рамках данного исследования по вопросу прогнозирования технических трудностей при удалении металлоконструкций костей конечностей можно сделать следующие выводы:

Наличие рентгенологических признаков остеоинтеграции: признака «песочных часов» и костной мозоли над пластиной, – являются предикторами технических трудностей при последующем удалении металлоконструкции.

Технические сложности при удалении пластин с винтовой фиксацией имеют статистически значимую связь с рядом параметров. К ним относятся: увеличенный срок фиксации имплантата, использование бикортикальных и заблокированных винтов, определённые анатомические локализации (лучевая кость, дистальные сегменты).

С целью минимизации интраоперационных рисков целесообразно учитывать выявленные факторы на этапе предоперационного планирования. Для избегания непредвиденных сложностей рекомендуется рассмотрение более ранних сроков удаления имплантатов при наличии показаний, а также преимущественное использование современных титановых конструкций ввиду их лучшей биосовместимости. Пациентам,

отнесённым по предложенной шкале к группе среднего риска, удаление имплантата следует рекомендовать только при наличии выраженных симптомов (боль, функциональные нарушения).

Разработанная прогностическая балльная шкала, основанная на комбинации значимых факторов, продемонстрировала свою эффективность на исследуемой выборке для стратификации пациентов по группам низкого, среднего и высокого риска возникновения технических трудностей. Данная модель в перспективе может стать полезным практическим инструментом для оптимизации оперативного вмешательства, подготовки инструментария и информирования пациента о возможных рисках.

Необходимо проведение анализа причин развития остеоинтеграции в зоне металлоконструкции, а также способов её удаления в отношении их эффективности и безопасности для пациента.

Для подтверждения клинической ценности и повышения точности предложенной модели необходимо её дальнейшее проспективное валидационное исследование на более широкой выборке пациентов, которым показано плановое удаление металлоконструкции.

Разработка стандартизированного метода удаления металлоконструкций после консолидации перелома является актуальной задачей, поскольку это может упростить предоперационное планирование, сократить продолжительность операций и улучшить исходы хирургических вмешательств. На данном этапе такой метод ещё не создан, поэтому необходимы исследования в этом направлении.

Литература/References

1. *Elective implant removal in the upper extremity: only symptomatic patients benefit* / J. Hambrecht, C. Canal, F. Klingebiel [et al.] // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* – 2023. – Vol. 34, № 2. – P. 1153–1161.
2. *Does implant removal of superior clavicle plate osteosynthesis affect the functional outcome: a prospective trial* / M. Wurm, M. Beirer, M. Zyskowski [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2020. – Vol. 142, № 1. – P. 139–144.
3. Загородний, Н. В. Удаление металлоконструкций в травматологии: учебно-методическое пособие / Н. В. Загородний, А. А. Волна, М. А. Панин. – Москва : Российский университет дружбы народов, 2009. – 10 с. Zagorodnij, N. V. *Udalenie metallokonstrukcij v travmatologii: uchebno-metodicheskoe posobie* [Removal of metal structures in traumatology: a teaching aid] / N. V. Zagorodnij, A. A. Volna, M. A. Panin. – Moskva : Rossijskij universitet druzhby narodov, 2009. – 10 s. [In Russian]
4. *Implant removal: benefits and drawbacks – Results of a survey with five hundred participants from the Italian Society of Orthopedic Surgery and Traumatology (SIOT) and comparison with other international trends* / V. Masoni, C. Ciatti, L. Androllo [et al.] // *International Orthopaedics.* – 2025. – Vol. 49, № 8. – P. 1775–1787.
5. *How difficult is titanium plate and screw implant removal? A retrospective case series* / N. Dehghan, N. Frane, A. Vohra [et al.] // *Injury, Int J.* – 2024. – Vol. 55, № 11. – P. 824.
6. *Difficulties in removal of the titanium locking plate in Japan* / T. Maehara, S. Moritani, H. Ikuma [et al.] // *Injury, Int J.* – 2013. – Vol. 44, № 8. – P. 1122–1126.
7. *Functional Outcomes of Symptomatic Implant Removal Following Ankle Fracture Open Reduction and Internal Fixation* / B. R. Williams, D. L. McCreary, H. R. Parikh [et al.] // *Foot Ankle Int.* – 2018. – Vol. 39, № 6. – P. 674–680.
8. *Improvement in Functional Outcomes After Elective Symptomatic Orthopaedic Implant Removal* / B. R. Williams, D. L. McCreary, H. R. Parikh [et al.] // *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* – 2020. – Vol. 4, № 9. – 9 p.
9. *Predictors of Improved Early Clinical Outcomes After Elective Implant Removal* / L. B. Kempton, G. E. Gasaki, K. Brown [et al.] // *J Orthop Trauma.* – 2021 – Vol. 35, № 3. – P. 103–107.
10. *Is Elective Implant Removal after Fracture Healing Beneficial? – A Prospective Cohort Study* / W. Yuan, T. Chua, E. Kweek // *Malays Orthop J.* – 2022. – Vol. 16, № 3. – P. 55–60.

Поступила 06.04.2026 г.