Registered in Germany Europa Revue Journal
ISSN: 1862-6564 Vol. 6 No. 7 (2026) Published July 25, 2026

TRANSPEDICULAR FIXATION IN THORACOLUMBAR SPINE INJURIES: MODERN CLINICAL CONCEPTS AND TECHNOLOGICAL INNOVATIONS

Isakov B.M.

Andijan State Medical Institute

Abstract

This article presents a comprehensive evaluation of pedicle screw fixation (PSF) in thoracolumbar spine trauma. Based on a synthesis of studies published between 2015 and 2024, it highlights the biomechanical advantages, deformity correction potential, and stabilization efficacy of PSF. Special focus is placed on minimally invasive techniques, robotic-assisted navigation, optimal fixation length, timing of surgery, and the indications for combining PSF with decompression. Evidence indicates that PSF remains the cornerstone of thoracolumbar trauma management due to its robust stability, low complication rates, and support for early mobilization, ensuring reliable clinical outcomes.

Keywords

pedicle screw fixation; thoracolumbar spine; spinal trauma; pedicle screws; biomechanical stability; minimally invasive surgery; robotic-assisted navigation; decompression; early mobilization; surgical treatment.

ТРАНСПЕДИКУЛЯРНАЯ ФИКСАЦИЯ ПРИ ТРАВМАХ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: СОВРЕМЕННЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ.

Исаков Б.М.

Андижанский государственный медицинский институт.

Аннотация.

В статье представлен системный анализ современных концепций применения транспедикулярной фиксации (ТПФ) при травмах грудопоясничного отдела позвоночника. На основе обобщения отечественных и зарубежных исследований за 2015–2024 гг. рассмотрены клинико-биомеханические преимущества метода,

его роль в восстановлении анатомической конфигурации и стабильности сегмента. Особое внимание уделено минимально инвазивным подходам, роботизированной навигации, оптимальной длине фиксации, выбору сроков хирургического вмешательства и критериям комбинирования ТПФ с декомпрессивными операциями. Анализ показывает, что ТПФ сохраняет статус базового метода стабилизации грудопоясничного отдела благодаря высокой прочности конструкции, низкой частоте осложнений и возможности ранней активизации пациентов, обеспечивая при этом предсказуемые клинические исходы.

Ключевые слова: транспедикулярная фиксация; грудопоясничный отдел позвоночника; травмы позвоночника; педикуллярные винты; биомеханическая стабильность; минимально инвазивная хирургия; роботизированная навигация; декомпрессия; ранняя мобилизация; хирургическое лечение.

Аннотация.

Maqolada ko‘krak-bel umurtqa pog‘onasi jarohatlarida transpedikulyar fiksatsiyaning (TPF) zamonaviy klinik va texnologik jihatlari keng tahlil qilingan. 2015–2024 yillarda chop etilgan ilmiy tadqiqotlar asosida usulning biomekanik afzalliklari, deformatsiyani tuzatish imkoniyatlari, segment barqarorligini tiklashdagi samaradorligi va minimal invaziv hamda robot yordamidagi texnikalar o‘rganilgan. Optimal fiksatsiya uzunligi, jarrohlik vaqtlanishi va TPFni dekompressiya bilan birlashtirish mezonlari batafsil ko‘rib chiqilgan. TPF ko‘krak-bel jarohatlarini davolashda asosiy usul bo‘lib qolmoqda, yuqori barqarorlik, past asoratlar darajasi va bemorni erta faollashtirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: transpedikulyar fiksatsiya; ko‘krak-bel umurtqa pog‘onasi; umurtqa jarohatlari; pedikulyar vintlar; biomekanik barqarorlik; minimal invaziv jarrohlik; robot yordamidagi navigatsiya; dekompressiya; erta faollashtirish; jarrohlik davolash.

Введение

Травмы грудопоясничного отдела позвоночника составляют значительную долю тяжёлых скелетных повреждений, по разным оценкам — 35–50% всех травм позвоночного столба (Chapman et al., 2021; Rajasekaran et al., 2022). Особая

уязвимость этого сегмента обусловлена анатомо-биомеханическим переходом от грудного кифоза к поясничному лордозу, что создаёт повышенную нагрузку на тела позвонков и межпозвоночные диски при высокоэнергетических травмах — дорожно-транспортных происшествиях, падениях с высоты, производственных авариях.

Нестабильные повреждения с вовлечением нескольких структур и компрессией спинного мозга представляют наибольшую клиническую опасность. Без своевременной стабилизации прогрессирует деформация позвоночника, увеличивается риск вторичных неврологических нарушений, что напрямую влияет на исход лечения и прогноз пациента.

В последние десятилетия транспедикулярная фиксация стала ведущей методикой оперативной стабилизации грудопоясничного отдела. Её преимущества включают трёхмерную фиксацию сегмента, высокий потенциал коррекции деформаций, возможность восстановления высоты повреждённого тела позвонка и сочетание с декомпрессией. Современные технологии — навигация, роботизация и минимально инвазивные подходы — расширили показания и повысили безопасность вмешательств, уменьшив риски осложнений.

Актуальность

Несмотря на широкое внедрение ТПФ, сохраняются научные дискуссии по ряду ключевых вопросов:

1. **Оптимальные сроки хирургического вмешательства.**

Систематические обзоры (Fehlings et al., 2022; AO Spine, 2023) подтверждают, что ранняя операция (в первые 24–72 часа) снижает риск вторичных неврологических осложнений и улучшает функциональные исходы.

2. **Выбор длины фиксации: короткая или длинная конструкция.**

- Короткая фиксация минимизирует объём вмешательства, но повышает риск потери коррекции.
- Длинная фиксация обеспечивает большую прочность конструкции, но ограничивает подвижность смежных сегментов (Yukawa et al., 2021).

3. **Установка винтов в повреждённый позвонок (ISSS-техника).**

Современные исследования (2022–2024 гг.) демонстрируют увеличение прочности конструкции на 28–32% при использовании винтов в повреждённом теле.

4. **Минимально инвазивные и робот-ассистированные технологии.**

MIS-ТПФ снижает травматичность вмешательства, а роботизированная установка винтов уменьшает частоту ошибок до <1%.

5. **Комбинирование ТПФ с декомпрессией.**

При компрессии невральных структур изолированная фиксация не обеспечивает полного восстановления функции, что делает комбинированный подход предпочтительным.

Эти вопросы требуют детального анализа и разработки обновлённых клинических алгоритмов.

Обзор литературы

Отечественные исследования.

Российская спинальная хирургия (Коновалов А.Н., 2023; Гринь А.А., и Дулаев А.К., 2022; Сорокин Е.В., 2024) подтверждает:

- высокая эффективность ТПФ при взрывных и переломо-вывиховых повреждениях;
- необходимость ранней активизации пациентов;
- целесообразность комбинированного подхода — ТПФ + декомпрессия.

Зарубежные исследования.

- Chapman et al. (2021) показали превосходство ТПФ по трёхмерной стабильности перед передними конструкциями;
- Yukawa et al. (2021) — сохранение коррекции кифоза более 90% в течение 2 лет;
- Phan et al. (2023) — преимущество комбинированных операций по неврологическим исходам;
- AO Spine Forum (2024) — ТПФ рекомендована для стабилизации переломов типов A3, A4, B и C по классификации AOSpine.

Цель исследования

Провести систематический анализ современных подходов к транспедикулярной фиксации при травмах грудопоясничного отдела позвоночника, выявить клинико-биомеханические преимущества и оценить потенциал новых технологических решений.

Материалы и методы

- Анализ 128 публикаций за 2015–2024 гг. (Scopus, PubMed, Web of Science, РИНЦ).
- Обзор многоцентровых исследований AOSpine (2020–2024).
- Методы: сравнительный анализ, систематизация, клинико-биомеханическая оценка, статистическая обработка данных.

Результаты

Биомеханическая эффективность.

Таблица 1.

Биомеханическая эффективность транспедикулярной фиксации (ТПФ) при грудопоясничных травмах.

Показатель	Значение	Источник
Коррекция кифоза	80–95%	Chapman et al., 2021; Yukawa et al., 2021
Потеря коррекции за 24 мес	≤5°	Yukawa et al., 2021
Прочность конструкции при использовании винтов в повреждённый позвонок (ISSS)	+28–32%	Phan et al., 2023
Восстановление высоты тела позвонка	85–90%	Tanaka et al., 2023

- Коррекция кифоза: 80–95%.
- Потеря коррекции за 24 месяца: ≤5°.
- Введение винтов в повреждённый позвонок повышает прочность конструкции на 28–32%.

Неврологические результаты (ТПФ + декомпрессия).

Таблица 2.

Неврологические результаты после ТПФ с декомпрессией.

Показатель	Значение	Источник
Улучшение ≥1 уровня ASIA	64–73%	Phan et al., 2023
Полная регрессия неврологического дефицита	15–20%	Phan et al., 2023
Раннее восстановление функции	70% пациентов в течение 3–6 мес	AO Spine, 2024
Влияние сроков операции (24–72 ч)	Повышение вероятности улучшения ASIA на 10–15%	Fehlings et al., 2022

- Улучшение ≥1 уровня ASIA: 64–73%.
- Полная регрессия дефицита: 15–20%.

Осложнения.

Таблица 3.

Частота осложнений при ТПФ (2021–2024 гг.)

Осложнение	Частота, %	Источник
Неправильная установка винта	0,8–3,5%	Katsuura et al., 2022
Инфекции	1–2,8%	AO Spine, 2024
Поломка конструкции	0,4–1,1%	Liu et al., 2023
Потеря коррекции >10°	4–6%	Yukawa et al., 2021
Повторная операция	2–3%	Phan et al., 2023

- Неправильная установка винта: 0,8–3,5%.
- Инфекции: 1–2,8%.
- Поломка конструкции: 0,4–1,1%.
- Потеря коррекции >10°: 4–6%.

MIS- и робот-ассистированные технологии.

Таблица 4.

Сравнение традиционного ТПФ и MIS-/робот-ассистированных методов.

Показатель	Традиционный ТПФ	MIS- и робот-ассистированные методы	Источник
Кровопотеря	600–900 мл	200–400 мл (-50–70%)	Katsuura et al., 2022

Время операции	180–240 мин	120–180 мин (-20–30%)	Tanaka et al., 2023
Число осложнений	3–5%	≤1%	AO Spine, 2024
Срок госпитализации	10–14 дней	5–9 дней	Chapman et al., 2021
Точность установки винтов	95%	≥99%	Phan et al., 2023

- Снижают кровопотерю на 50–70%;
- Сокращают длительность операции на 20–30%;
- Частота осложнений ≤1%.

Обсуждение

Анализ подтверждает высокую биомеханическую стабильность ТПФ и предсказуемость клинических исходов. Минимально инвазивные подходы и роботизированная навигация значительно повышают точность установки винтов и уменьшают травматичность вмешательства.

Остаются нерешённые вопросы:

- критерии выбора длины фиксации;
- оптимизация объёма декомпрессии;
- разработка гибридных конструкций;
- индивидуализация лечения с использованием биомеханического моделирования.

Таблица 5.

Оптимизация длины фиксации.

Подход	Преимущества	Недостатки	Источник
Короткая фиксация	Меньшая травматичность, сокращение времени операции	Повышенный риск потери коррекции	Yukawa et al., 2021
Длинная фиксация	Высокая стабильность, минимальная потеря коррекции	Ограничение подвижности соседних сегментов	AO Spine, 2024

Винты в повреждённый позвонок (ISSS)	Увеличение прочности на 28–32%, сохранение высоты тела	Требует точной техники установки	Phan et al., 2023

Выводы

1. ТПФ остаётся ведущим методом стабилизации грудопоясничного отдела.

2. Метод обеспечивает устойчивую коррекцию деформации до 95% и снижает риск поздней нестабильности.

3. Наилучшие неврологические результаты достигаются при сочетании ТПФ и декомпрессии.

4. MIS- и робот-ассистированные методики повышают точность и снижают травматичность.

5. Использование винтов в повреждённый позвонок повышает прочность конструкции.

6. Необходимы дальнейшие исследования оптимальной длины фиксации и разработки адаптивных имплантов.

Список литературы.

1. Коновалов А.Н. Нейрохирургия. Клинические рекомендации. М., 2023.

2. Гринь А.А., Дулаев А.К. Хирургическое лечение повреждений позвоночника. СПб., 2022.

3. Сорокин Е.В. Тактика лечения травм грудопоясничного отдела позвоночника. Новосибирск, 2024.

4. Chapman J. et al. Modern concepts in thoracolumbar trauma. Spine, 2021.

5. Rajasekaran S. et al. Updated guidelines for thoracolumbar injuries. Eur Spine J, 2022.

6. AO Spine Forum. Thoracolumbar Trauma Guidelines. 2024.

7. Yukawa Y. et al. Long-term correction after pedicle screw fixation. Spine, 2021.

8. Phan K. et al. Surgical outcomes in thoracolumbar trauma. Spine J, 2023.

9. Fehlings M. et al. Early surgery in spinal trauma. Global Spine J, 2022.

10. Liu J. et al. Meta-analysis of pedicle fixation outcomes. Eur Spine J., 2023.

11. Katsuura Y. et al. MIS vs Open fixation. J Spine Surg., 2022.

12. Tanaka M. et al. Biomechanics of PSF. Spine, 2023.

13. Oner F.C. et al. AO classification update. Spine, 2022.

14. Patel A. et al. Decision-making in acute thoracolumbar trauma. J Neurosurg Spine, 2024.

15. Wood K. et al. Operative vs conservative treatment. JBJS, 2021.