

# ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАСПЕДИКУЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА ПРИ ТРАВМАТИЧЕСКОМ СПОНДИЛОЛИСТЕЗЕ С<sub>2</sub>-ПОЗВОНКА

DOI: 10.17691/stm2021.13.5.06

УДК 616.711–001.5–089.227.84

Поступила 22.03.2021 г.

И.В. Басанкин, д.м.н., зав. отделением нейрохирургии №3<sup>1</sup>;А.А. Гюльзатян, к.м.н., врач-нейрохирург<sup>1</sup>;П.Б. Нестеренко, врач-ортопед<sup>1</sup>;А.Б. Багаудинов, врач-нейрохирург<sup>1</sup>;Д.А. Таюрский, студент лечебного факультета<sup>2</sup>;М.Л. Муханов, к.м.н., ассистент кафедры ортопедии, травматологии и военно-полевой хирургии<sup>2</sup><sup>1</sup>НИИ — Краснодарская краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского

Министерства здравоохранения Краснодарского края, ул. 1 Мая, 167, Краснодар, 350086;

<sup>2</sup>Кубанский государственный медицинский университет, ул. М. Седина, 4, Краснодар, 350063

**Цель исследования** — оценить эффективность и безопасность прямого транспедикулярного остеосинтеза при травматическом спондилолистезе С<sub>2</sub>-позвонка.

**Материалы и методы.** Исследование является наблюдательным ретроспективным анализом результатов хирургического лечения 19 больных, оперированных в 2014–2020 гг. с использованием прямого транспедикулярного остеосинтеза компрессирующими винтами Герберта при переломе палача II типа по Levine–Edwards. После операции катамнез наблюдения — 22 [10; 36] мес.

**Результаты.** Изучаемая группа пациентов (n=19) составила 2,48% от всех оперированных по поводу травматического повреждения шейного отдела позвоночника больных (n=766) за это время. Во всех случаях лечение прошло успешно, интраоперационных осложнений в виде повреждения сосудистых и нервных структур не отмечалось. Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила 70,8±24,5 мин, интраоперационная кровопотеря — 92,9±41,8 мл. Период госпитализации пациентов — 7 [5; 17] дней. На послеоперационных КТ-исследованиях значимой (>2 мм) мальпозиции винтов не отмечено.

**Заключение.** Транспедикулярный остеосинтез компрессирующими винтами при травматическом спондилолистезе С<sub>2</sub>-позвонка является щадящей и безопасной операцией с небольшой продолжительностью и кровопотерей. При тщательном предоперационном планировании и знании анатомических ориентиров такую операцию можно эффективно выполнять под рентген-контролем С-дуги без использования навигационных систем.

**Ключевые слова:** позвоночно-спинномозговая травма; травма верхнешейного отдела позвоночника; перелом палача; транспедикулярная фиксация; перелом С<sub>2</sub>-позвонка; операция Judet.

**Как цитировать:** Basankin I.V., Giulzatyan A.A., Nesterenko P.B., Bagaudinov A.B., Tayurski D.A., Mukhanov M.L. Experience of using transpedicular osteosynthesis in traumatic spondylolisthesis of the axis. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2021; 13(5): 47–54, <https://doi.org/10.17691/stm2021.13.5.06>

## English

## Experience of Using Transpedicular Osteosynthesis in Traumatic Spondylolisthesis of the Axis

I.V. Basankin, MD, DSc, Head of Neurosurgical Unit No.3<sup>1</sup>;A.A. Giulzatyan, MD, PhD, Neurosurgeon<sup>1</sup>;P.B. Nesterenko, Orthopedist<sup>1</sup>;A.B. Bagaudinov, Neurosurgeon<sup>1</sup>;D.A. Tayurski, Student, Medical Faculty<sup>2</sup>;M.L. Mukhanov, MD, PhD, Assistant, Department of Orthopedics, Traumatology and Military Field Surgery<sup>2</sup><sup>1</sup>Scientific Research Institute — Ochapovsky Regional Clinical Hospital No.1, Ministry of Health of Krasnodar Region, 167, 1<sup>st</sup> Maya St., Krasnodar, 350086, Russia;<sup>2</sup>Kuban State Medical University, 4 M. Sedina St., Krasnodar, 350063, Russia

**Для контактов:** Гюльзатян Абрам Акопович, e-mail: [abramgulz@gmail.com](mailto:abramgulz@gmail.com)

**The aim of the study** was to assess the efficacy and safety of direct posterior transpedicular osteosynthesis in traumatic spondylolisthesis of C<sub>2</sub> vertebra.

**Materials and Methods.** The present study is an observational retrospective analysis of the results of surgical treatment of 19 patients operated on in 2014–2020 using the posterior transpedicular osteosynthesis technique with Herbert's compression screws for a Hangman's fracture type II according to Levine–Edwards classification. After the operation, the follow-up period lasted for 22 [10; 36] months.

**Results.** The study group of patients (n=19) made 2.48% of all patients operated on for traumatic injury of the cervical spine (n=766) in the period from 2014 to 2020. In all cases, the surgical treatment was successful; there were no intraoperative complications in the form of damage to the vascular and nerve structures. The average duration of surgery was 70.8±24.5 min, and intraoperative blood loss was 92.9±41.8 ml. The length of hospitalization stay was 7 [5; 17] days. On the postoperative CT scans, no significant screw malposition (>2 mm) was found.

**Conclusion.** Transpedicular osteosynthesis with compression screws in C<sub>2</sub> traumatic spondylolisthesis is a safe and sparing operation with a short duration and insignificant blood loss. Thorough preoperative planning and knowledge of the anatomic landmarks make it possible to perform this operation effectively under the C-arm X-ray system control without any navigation system.

**Key words:** spinal cord injury; upper cervical spine injury; Hangman's fracture; transpedicular fixation; C<sub>2</sub> fracture; Judet operation.

## Введение

Переломы второго шейного позвонка C<sub>2</sub> (аксиса) встречаются часто как в пожилом, так и в молодом возрасте [1]. По данным Шведского национального регистра [2], частота переломов C<sub>2</sub>-позвонка увеличилась вдвое (с 3 до 6 человек на 100 000 населения) с 1997 по 2014 г. По данным литературы [3–6], частота таких переломов составляет 9–18% всех видов травматического повреждения шейного отдела позвоночника, при этом на перелом зубовидного отростка приходится 35–78%, а на травматический спондилолистез C<sub>2</sub>-позвонка — 11–25%.

Травматический спондилолистез C<sub>2</sub>-позвонка, или так называемый перелом палача, впервые был описан в работе R.C. Schneider и соавт. в 1965 г. [7]. Данный вид повреждений наиболее часто возникает в результате падений, ныряния или ДТП вследствие гиперэкстензии и осевой нагрузки на аксис [8].

Лечение указанного повреждения проводится с использованием как консервативных, так и хирургических методов, в задачу которых входит достижение наружной или внутренней фиксации. Консервативное лечение предполагает наружную иммобилизацию шейного отдела с помощью воротника Филадельфия в течение 10–14 нед [9]. Данный метод используется только при неврологически интактных и стабильных переломах I типа по Levine–Edwards, при этом отмечаются хорошие клинические и функциональные результаты с высокой (до 100%) частотой консолидации перелома [8].

Способ лечения травматического спондилолистеза C<sub>2</sub>-позвонка при помощи галотракции и репозиции с применением скобы Гарднера–Уэллса хорошо известен и используется многими специалистами. По данным A.R. Vaccaro и соавт. [10], в большинстве случаев вытяжение, репозиция и ранняя ригидная иммобилизация являются эффективной методикой лечения травматического спондилолистеза аксиса II и IIa типов. При ангуляции >12 град требуется длительный период иммобилизации для достижения

адекватной консолидации [10]. Однако при использовании данной методики существенно ограничивается функциональность чрезвычайно важного в биомеханическом аспекте верхнешейного отдела позвоночника. Особенно снижена толерантность к галоиммобилизации у пожилых и старых пациентов. В связи с этим большое внимание при выборе способа лечения уделяется не только надежному спондилосинтезу, но и функциональности поврежденного сегмента.

Хирургическое лечение перелома палача включает несколько передних и задних стабилизирующих способов. В зависимости от типа перелома выполняются передний шейный спондилодез C<sub>2</sub>–C<sub>3</sub>, транспедикулярный остеосинтез C<sub>2</sub>, прямой спондилосинтез C<sub>2</sub>–C<sub>3</sub> или C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub>–C<sub>3</sub> [11–14]. Исключительно все хирургические методы, кроме прямого остеосинтеза C<sub>2</sub>-позвонка, блокируют позвоночно-двигательный сегмент и значительно лимитируют объем движений в верхнешейном отделе позвоночника.

Прямой транспедикулярный остеосинтез C<sub>2</sub> при переломе палача впервые был упомянут в работе P. Leconte [15] и далее популяризирован R. Judet [16]. Данный метод признан физиологической операцией, потому что фиксируется только перелом, а не двигательный сегмент.

**Цель исследования** — оценить эффективность и безопасность прямого транспедикулярного остеосинтеза при травматическом спондилолистезе C<sub>2</sub>-позвонка.

## Материалы и методы

Исследование является обсервационным ретроспективным анализом серии случаев (<50). Объект исследования — пациенты с изолированным или сочетанным травматическим спондилолистезом C<sub>2</sub>-позвонка. Предмет исследования — способ прямого транспедикулярного остеосинтеза C<sub>2</sub>-позвонка компрессирующими винтами Герберта, его эффективность и влияние на качество жизни пациентов.

Ретроспективному анализу были подвергнуты результаты хирургического лечения 19 больных в период 2014–2020 гг., которым при операции по поводу перелома палача использовали методику прямого транспедикулярного остеосинтеза. Исследование выполнено в соответствии с положениями Хельсинкской декларации (2013) и одобрено Этическим комитетом НИИ — Краснодарской краевой клинической больницы №1 им. профессора С.В. Очаповского. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения:

- возраст пациентов — 18–70 лет;
- перелом палача II типа по Levine–Edwards;
- Критерии исключения:
- аномалии развития ножек  $C_2$ -позвонка;
- многооскольчатый перелом ножек аксиса;
- тяжелая сопутствующая соматическая патология.

Распределение выявленных в позвоночнике изменений проводилось согласно классификации Levine–Edwards (для определения типа перелома) [17], которая разработана на основе классификации В. Effendi [18] и является самой популярной. Согласно ей, выделяется четыре типа травматического спондилолистеза  $C_2$ -позвонка:

I тип — перелом стабильный, листез тела  $C_2 < 3$  мм, нет углового отклонения, диск  $C_2$ – $C_3$  интактный;

II тип — перелом нестабильный, травматический антелистез  $C_2 > 3$  мм, угловое отклонение  $> 11^\circ$ , поперечный разрыв задней продольной связки, линия перелома вертикальная;

IIa тип — перелом нестабильный, без травматического антелистеза, линия перелома — горизонтальная, а не вертикальная, выраженное угловое отклонение  $> 11^\circ$  без антелистеза;

III тип — перелом нестабильный, 1-го типа, сопровождающийся двусторонним фасеточным вывихом.

Для объективной оценки состояния пациента проводили неврологический и клинический осмотры; для установления степени повреждения спинного мозга применяли шкалу AIS (ASIA Impairment Scale), для оценки интенсивности болевого синдрома и качества жизни — визуально-аналоговую шкалу (ВАШ) и индекс ограничения жизнедеятельности из-за боли в шее (Neck Disability Index, NDI). Ограничение жизнедеятельности оценивали в процентах, так как все пациенты пропускали 1 или 2 раздела опросника (вождение, чтение). При интерпретации результатов учитывали следующие критерии: 0–9% — нет ограничения жизнедеятельности; 10–29% — ограничение легкое; 30–49% — умеренное; 50–69% — сильное;  $> 70\%$  — полное ограничение. Для визуализации патологического субстрата использовали КТ.

Прямой транспедикулярный остеосинтез  $C_2$ -позвонка компрессирующими винтами Герберта выполняли под рентген-контролем С-дуги, без интраоперационной навигации. В предоперационном периоде проводили тщательный анализ аксиальных, фронтальных и сагиттальных КТ-сканов верхнешейного отдела позвоночника. Для определения безопасной зоны введения винта учитывали диаметр и высоту ножек  $C_2$ -позвонка, их медиолатеральный и ростокаудальный углы, а также вариации прохождения позвоночной артерии, диаметр позвоночного канала.

Оперативное вмешательство проводили в положении пациента на животе, с мягким валиком под грудной клеткой, голову фиксировали в скобе Мейфилда. Выполняли срединный разрез в проекции тел  $C_0$ – $C_3$ -позвонков, используя в качестве ориентира массивный остистый отросток  $C_2$ -позвонка. Выйную связку обнажали на протяжении остистых отростков. Поднадкостнично обнажали необходимые площадки для введения транспедикулярного винта, а также освобождали от периоста внутренние края ножек  $C_2$ -позвонка. Ориентиром для введения винта служил краниальный край дужки аксиса, при этом верхнемедиальная граница ножки была доступна визуальному контролю (угол введения винта составлял  $15$ – $20^\circ$ , ангуляция —  $10$ – $15^\circ$ ). После установки активных дренажей шейные мышцы подшивали к остистому отростку  $C_2$ -позвонка. Швы накладывали на подкожную клетчатку и на кожу.

После операции катамнез наблюдения составил 22 [10; 36] мес.

**Статистическая обработка результатов.** Полученные клинические результаты обрабатывались с использованием программной системы IBM SPSS 16.0. Числовые данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильного интервала [25; 75] или среднего арифметического  $\pm$  стандартное отклонение ( $M \pm STD$ ).

В связи с тем, что количество пациентов в генеральной совокупности было меньше 50, а распределение числовых значений в части выборки существенно отличалось от нормального закона распределения (проверка гипотезы о нормальности распределения проводилась при помощи критерия Шапиро–Уилка;  $W=0,637$ ;  $p < 0,0001$ ), были применены непараметрические методы статистического анализа, критерий знаковых рангов Вилкоксона, а в качестве нижней границы достоверности принят уровень статистической значимости  $p < 0,05$ .

В связи с тем, что количество пациентов в генеральной совокупности было меньше 50, а распределение числовых значений в части выборки существенно отличалось от нормального закона распределения (проверка гипотезы о нормальности распределения проводилась при помощи критерия Шапиро–Уилка;  $W=0,637$ ;  $p < 0,0001$ ), были применены непараметрические методы статистического анализа, критерий знаковых рангов Вилкоксона, а в качестве нижней границы достоверности принят уровень статистической значимости  $p < 0,05$ .

В связи с тем, что количество пациентов в генеральной совокупности было меньше 50, а распределение числовых значений в части выборки существенно отличалось от нормального закона распределения (проверка гипотезы о нормальности распределения проводилась при помощи критерия Шапиро–Уилка;  $W=0,637$ ;  $p < 0,0001$ ), были применены непараметрические методы статистического анализа, критерий знаковых рангов Вилкоксона, а в качестве нижней границы достоверности принят уровень статистической значимости  $p < 0,05$ .

## Результаты

Исследуемая группа пациентов ( $n=19$ , 14 мужчин и 5 женщин) составила 2,48% от всего числа оперированных в период с 2014 по 2020 г. по поводу травматического повреждения шейного отдела позвоночника больных ( $n=766$ ). Все пациенты находились на стационарном лечении в нейрохирургическом отделении. Возраст больных — 22–67 лет. Причиной травм являлись ДТП у 12 пациентов (63,2%) и падение с высоты — у 7 пациентов (36,8%).

Основные пред- и послеоперационные характеристики исследуемых представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Характеристика пациентов

№ п/п	Пол/возраст	Механизм травмы	Травматическое повреждение других органов и систем	Неврологический статус по шкале AIS		Боли в шейном отделе по ВАШ			NDI	
				до операции	после операции	до операции	через 3 дня после операции	через 3 мес после операции	до операции	через 3 мес после операции
1	М/23	ДТП	Легкая ЧМТ, перелом правой лучевой кости	D	D	6	2	1	42	22
2	М/56	ДТП	Перелом ребер, ушиб легких, гемоторакс, перелом диафиза левой большеберцовой кости	E	E	6	1	1	35	4
3	М/62	Падение	—	E	E	7	2	1	48	7
4	Ж/22	ДТП	ЧМТ средней степени тяжести	C	D	5	1	1	53	24
5	Ж/67	ДТП	—	D	E	7	2	0	54	2
6	Ж/34	ДТП	Перелом ребер, ушиб легких, перелом диафиза правой плечевой кости	D	E	5	1	0	20	2
7	М/54	ДТП	Чрезмыщелковый перелом правого плеча	E	E	4	1	1	7	0
8	М/42	ДТП	Перелом ребер, пневмоторакс, перелом левой малоберцовой кости	E	E	8	3	1	65	6
9	Ж/48	Падение	Легкая ЧМТ	E	E	6	2	1	39	4
10	М/44	Падение	Двусторонний перелом лучевых костей со смещением	E	E	6	2	1	35	0
11	М/51	ДТП	Изолированный перелом наружного мыщелка левой бедренной кости	E	E	7	3	1	53	6
12	М/28	ДТП	—	D	E	8	1	1	72	4
13	М/30	ДТП	Перелом ребер, гемоторакс	D	D	8	0	3	62	15
14	Ж/45	Падение	Легкая ЧМТ	D	E	8	0	0	55	7
15	М/65	ДТП	Перелом левой плечевой кости и диафиза левой бедренной кости	E	E	5	3	1	30	2
16	М/67	ДТП	—	E	E	7	2	0	55	0
17	М/45	Падение	ЧМТ средней степени тяжести, компрессионный перелом Th <sub>11</sub> -позвонка типа A1 по шкале AOSpine	C	E	6	2	1	47	4
18	М/57	ДТП	Перелом ребер, перелом хирургической шейки плеча справа и слева	E	E	5	3	1	25	6
19	М/22	ДТП	Перелом ребер	E	E	5	1	1	30	0

Из сочетанной патологии у 5 пациентов отмечалась травма головного мозга легкой и средней степени тяжести, у 6 человек — перелом ребер и/или травматическое повреждение легких, у 9 — переломы костей конечностей, у 1 — перелом позвонка Th<sub>11</sub>.

У 11 пациентов (57,9%) не наблюдалось невро-

логической симптоматики до и после оперативного вмешательства. У 5 человек отмечался полный регресс неврологической симптоматики по шкале AIS (у 4 — с D до E, у 1 — с C до E), у 1 пациента — неполный регресс симптоматики по шкале AIS (с C до D), у 2 пациентов не установлено существенной положи-

тельной динамики в период наблюдения (по шкале AIS — D).

Оперативное лечение во всех случаях прошло успешно, интраоперационных осложнений в виде повреждения сосудистых и нервных структур не отмечалось. Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила  $70,8 \pm 24,5$  мин, а интраоперационная кровопотеря — в среднем  $92,9 \pm 41,8$  мл. Период госпитализации пациентов — 5–17 дней. На послеоперационных КТ-исследованиях значимой (>2 мм) мальпозиции винтов не отмечено (рис. 1).

Средние послеоперационные показатели ВАШ (через 3–4 дня и 3 мес после операции) и NDI (через 3 мес после операции) были статистически значимо лучше дооперационных показателей (табл. 2).

При дальнейших плановых осмотрах отрицательной динамики состояния и функциональных ограничений у пациентов не отмечалось, максимальный катамнез составил 36 мес. Признаки полной консолидации перелома на фоне фиксации отмечались не позднее чем через 24 мес (рис. 2).

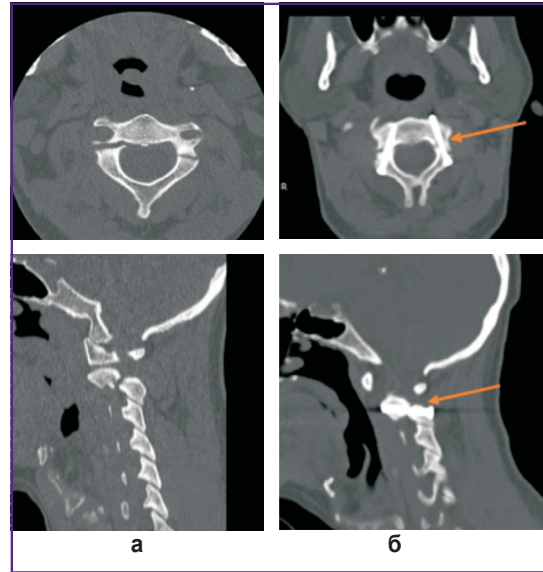


Рис. 1. До (а) и послеоперационные (б) КТ-снимки пациента с травматическим спондилолистезом С<sub>2</sub>-позвонка. Стрелками показаны компрессирующие винты

Таблица 2

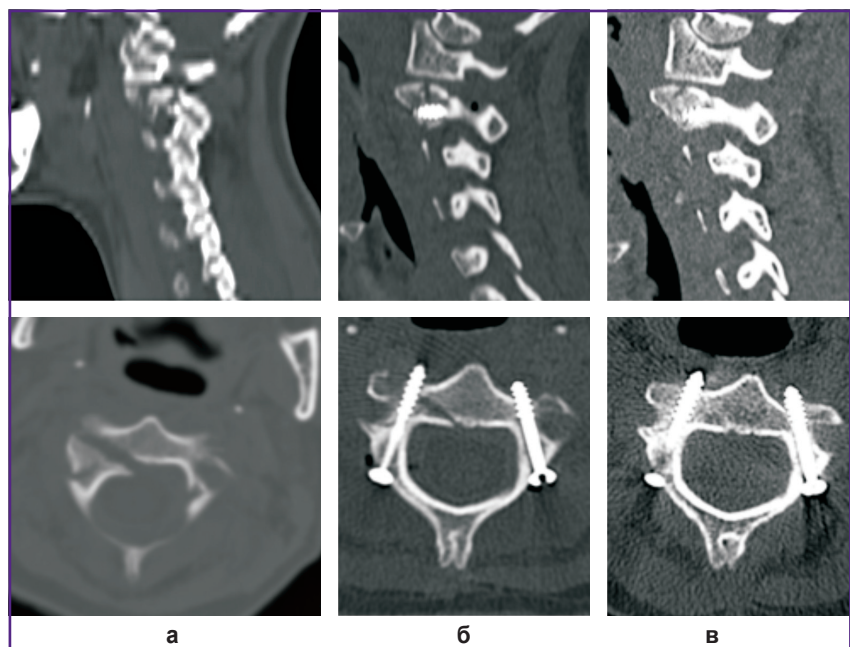
Показатели ВАШ и NDI до и после хирургического лечения

Время исследования	ВАШ, баллы		NDI, %	
	Me [25; 75]	Критерий Вилкоксона; p	Me [25; 75]	Критерий Вилкоксона; p
До операции	6 [5; 7]	$Z_1 = -3,865$ $p < 0,001$	47,0 [32,5; 54,5]	—
После операции:				
через 3–4 дня	2 [1; 3]	$Z_2 = -3,853$ $p < 0,001$	—	$Z_2 = -3,824$ $p < 0,001$
через 3 мес	1 [1; 1]		4,0 [2,0; 6,6]	

Здесь:  $Z_1$  — при сравнении данных до операции и через 3–4 дня после нее;  $Z_2$  — при сравнении данных до операции и через 3 мес после нее.

Рис. 2. КТ-снимки пациентки 22 лет с травматическим спондилолистезом С<sub>2</sub>-позвонка:

а — предоперационные сагиттальные и аксиальные сканы, визуализируется перелом, диастаз между отломками справа >3,5 мм; б — через 1 сут после операции, визуализируются транспедикулярные винты, выраженной (>2 мм) мальпозиции не наблюдается; в — через 6 мес после операции, отмечается консолидация перелома



## Обсуждение

Несмотря на то, что травматический спондилолистез  $C_2$ -позвонка был впервые описан в 1965 г., выбор оптимальной тактики лечения этого повреждения до сих пор остается дискуссионным. По данным литературы [19, 20], в настоящее время хирургическое лечение рекомендовано при переломах типа II, IIa, III по Levine–Edwards. Адекватный спондилодез аксиса восстанавливает естественную ось позвоночника путем анатомической редукции листеза, тем самым дает пациентам возможность вести активный образ жизни.

В литературе [21] описаны несколько оперативных методов лечения травматического листеза  $C_2$ , исторически традиционным считается передний шейный спондилодез  $C_2$ – $C_3$  с использованием межтеловых имплантатов и титановых пластин. Однако следует отметить, что данную операцию довольно трудно выполнить технически, потому что существует большой риск повреждения подъязычного, лицевого и верхнего гортанного нервов, а также сосудистых структур. Имеется также высокий риск отсутствия консолидации и появления псевдоартроза после операции, так как вмешательство не позволяет воздействовать на поврежденные структуры  $C_2$ -позвонка [22]. Вследствие вышесказанного данная операция не выполняется рутинно при лечении нестабильного перелома палача.

Следует отметить, что и передний шейный спондилодез, и спондилосинтез  $C_2$ – $C_3$ , как и  $C_1$ – $C_2$ – $C_3$ , ограничивают подвижность позвоночно-двигательного сегмента. При прямом транспедикулярном остеосинтезе  $C_2$ -позвонка амплитуда движений аксиса сохраняется, поэтому данная операция признана многими авторами физиологичной [8, 23]. В работе G.M. Vorne с соавт. [24] из 18 пациентов с переломом палача у 13 был выполнен транспедикулярный остеосинтез компрессирующими винтами. Авторы отметили, что данный метод является технически простым, эффективным и безопасным, дающим хорошие анатомические и функциональные результаты. R. Verheggen и J. Jansen [25] в своем исследовании также сообщили о хороших результатах хирургического лечения 13 пациентов с переломами типа II и IIa по Levine–Edwards, которым выполнялась транспедикулярная фиксация. J.L. Boulosa с коллегами [26] продемонстрировали результаты лечения 10 пациентов с переломом палача I, II типов по Effendi; у 9 пациентов после проведенного хирургического лечения отмечался хороший клинический результат — консолидация перелома и полный регресс дооперационной симптоматики. Y. ElMiligui и соавт. [23] выполнили оперативное лечение по Judet 15 пациентам с травматическим спондилолистезом  $C_2$ -позвонка II типа по Levine–Edwards и признали его безопасным и эффективным методом. J. Nakato и J. Wroński [27] провели сравнение результатов лечения пациентов ( $n=17$ ) с переломами палача II типа

по Effendi. Девяти пациентам был выполнен передний трансоральный спондилодез  $C_2$ – $C_3$ , восьми пациентам — транспедикулярный спондилосинтез  $C_2$ -позвонка. Авторы пришли к выводу, что операция по Judet является более безопасным, экономически доступным и эффективным методом лечения.

Y. Liu и соавт. [28] опубликовали работу, в которой анализировали результаты лечения 25 пациентов с травматическим спондилолистезом  $C_2$  II, IIa типов по Levine–Edwards. Пациентам выполнялась транспедикулярная фиксация модифицированными винтами. Данный винт представляет собой шуруп с двойной резьбой на основе винта Герберта, который может компрессировать перелом дважды и с противоположных сторон. Авторы получили хорошие результаты у всех пациентов в период наблюдения  $36 \pm 12$  мес.

В нашей работе 19 пациентам с переломом палача II типа по Levine–Edwards была выполнена операция по Judet и также получены хорошие клинические и функциональные результаты: послеоперационные показатели ВАШ и NDI статистически значимо отличались от дооперационных. Мы не применяли данную операцию при переломах IIa, III типов, так как считаем, что при выраженной ангуляции существует повреждение межпозвоночного диска  $C_2$ – $C_3$  и задней продольной связки и поэтому данные переломы являются нестабильными. В этом случае более обоснованным здесь будет выполнение фиксации  $C_2$ – $C_3$ .

Безусловно, операция по Judet является технически сложной задачей из-за больших индивидуальных вариаций размеров ножки  $C_2$ -позвонка и хода позвоночной артерии. Винт проходит через ножку позвонка, которая медиально ограничена позвоночным каналом и спинным мозгом, а латерально — позвоночной артерией. Диаметр винта составляет 3,5 мм, а ширина ножки, через которую он должен пройти, — в среднем 5–7 мм, при этом дополнительно осложняет проведение винта наличие перелома с диспозицией отломков, который меняет трехмерную анатомию заднего кольца аксиса. По данным литературы, частота повреждения жизненно важных структур при транспедикулярной установке винтов в шейном отделе позвоночника варьирует от 11 до 66% [29]. Следовательно, для успешной установки винта необходима тщательная предоперационная подготовка и трехмерное представление морфологии ножки позвонка [30]. В нашей работе существенной мальпозиции винтов ( $>2$  мм) после оперативного лечения не отмечалось.

## Заключение

Транспедикулярный остеосинтез компрессирующими винтами является щадящей и безопасной операцией с небольшой продолжительностью выполнения ( $70,8 \pm 24,5$  мин) и кровопотерей ( $92,9 \pm 41,8$  мл). Данное вмешательство технически сложно и должно выполняться с особой осторожностью для предотвращения возникновения возможных грозных осложнений. При

тщательном предоперационном планировании и знании анатомических ориентиров операцию можно эффективно выполнять под рентген-контролем С-дуги, не используя навигационные системы.

**Благодарность.** Хотим выразить огромнейшую благодарность К.К. Тахмазяну, С.Б. Малахову, В.К. Шаповалову, И.Е. Грицаеву, М.И. Томиной, А.В. Кузьменко, А.А. Афаунову за значимый вклад в написание статьи.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература/References

- Anderson L.D., D'Alonzo R.T. Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am* 1974; 56(8): 1663–1674.
- Robinson A.L., Olerud C., Robinson Y. Epidemiology of C<sub>2</sub> fractures in the 21<sup>st</sup> century: a National Registry cohort study of 6,370 patients from 1997 to 2014. *Adv Orthop* 2017; 2017: 6516893, <https://doi.org/10.1155/2017/6516893>.
- Ryan M.D., Taylor T.K.F. Odontoid fractures in the elderly. *J Spinal Disord* 1993; 6(5): 397–401, <https://doi.org/10.1097/00002517-199306050-00005>.
- Vieweg U., Meyer B., Schramm J. Differential treatment in acute upper cervical spine injuries: a critical review of a single-institution series. *Surg Neurol* 2000; 54(3): 203–211, [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(00\)00301-3](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(00)00301-3).
- Benzel E.C., Hart B.L., Ball P.A., Baldwin N.G., Orrison W.W., Espinosa M. Fractures of the C-2 vertebral body. *J Neurosurg* 1994; 81(2): 206–212, <https://doi.org/10.3171/jns.1994.81.2.0206>.
- Hadley M.N., Dickman C.A., Browner C.M., Sonntag V.K. Acute axis fractures: a review of 229 cases. *J Neurosurg* 1989; 71(5 Pt 1): 642–647, <https://doi.org/10.3171/jns.1989.71.5.0642>.
- Schneider R.C., Livingston K.E., Cave A.J., Hamilton G. "Hangman's fracture" of the cervical spine. *J Neurosurg* 1965; 22: 141–154, <https://doi.org/10.3171/jns.1965.22.2.0141>.
- Li X.F., Dai L.Y., Lu H., Chen X.D. A systematic review of the management of hangman's fractures. *Eur Spine J* 2006; 15(3): 257–269, <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0918-2>.
- Coric D., Wilson J.A., Kelly D.L. Jr. Treatment of traumatic spondylolisthesis of the axis with nonrigid immobilization: a review of 64 cases. *J Neurosurg* 1996; 85(4): 550–554, <https://doi.org/10.3171/jns.1996.85.4.0550>.
- Vaccaro A.R., Madigan L., Bauerle W.B., Blescia A., Cotler J.M. Early halo immobilization of displaced traumatic spondylolisthesis of the axis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002; 27(20): 2229–2233, <https://doi.org/10.1097/00007632-200210150-00009>.
- Ferro F.P., Borgo G.D., Letaif O.B., Cristante A.F., Marcon R.M., Lutaka A.S. Traumatic spondylolisthesis of the axis: epidemiology, management and outcome. *Acta Orthop Bras* 2012; 20(2): 84–87, <https://doi.org/10.1590/s1413-78522012000200005>.
- Al-Mahfoudh R., Beagrie C., Woolley E., Zakaria R., Radon M., Clark S., Pillay R., Wilby M. Management of typical and atypical hangman's fractures. *Global Spine J* 2016; 6(3): 248–256, <https://doi.org/10.1055/s-0035-1563404>.
- Prost S., Barrey C., Blondel B., Fuentes S., Barresi L., Nicot B., Challier V., Llieu M., Godard J., Kouyoumdjian P., Lonjon N., Marinho P., Freitas E., Schuller S., Allia J., Berthiller J., Charles Y.P.; French Society for Spine Surgery (SFCR). Hangman's fracture: management strategy and healing rate in a prospective multi-centre observational study of 34 patients. *Orthop Traumatol Surg Res* 2019; 105(4): 703–707, <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.03.009>.
- Бажанов С.П., Гуляев Д.А., Норкин И.А., Островский В.В., Примак Н.А. *Способ заднего спондилодеза при травматических повреждениях верхнешейного отдела позвоночника*. Патент РФ 2511485. 2014.
- Bazhanov S.P., Gulyaev D.A., Norkin I.A., Ostrovskiy V.V., Primak N.A. *Method for posterior spinal fusion in traumatic injuries of upper cervical spine*. Patent RU 2511485. 2014.
- Leconte P. Fracture et luxation des deux premieres vertèbres cervicales. In: *Luxation Congénitale de la Hanche. Fractures du Cou-de-pied Rachis Cervical. Actualités de Chirurgie Orthopédique de l'Hôpital Raymond-Poincaré, Vol 3*. Judet R. (editor). Paris: Masson et Cie; 1964; p. 147–166.
- Judet R., Roy-Camille R., Saillant G. Actualités de chirurgie orthopédique de l'Hospital Raymond-Poincaré. In: Judet R. (editor). *Fractures du rachis cervical*. Paris: Masson; 1970; p. 174–195.
- Levine A.M., Edwards C.C. The management of traumatic spondylolisthesis of the axis. *J Bone Joint Surg Am* 1985; 67(2): 217–226.
- Effendi B., Roy D., Cornish B., Dussault R.G., Laurin C.A. Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg Br* 1981; 63-B(3): 319–327, <https://doi.org/10.1302/0301-620x.63b3.7263741>.
- Ma W., Xu R., Liu J., Sun S., Zhao L., Hu Y., Jiang W., Liu G., Gu Y. Posterior short-segment fixation and fusion in unstable hangman's fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011; 36(7): 529–533, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181d60067>.
- Xie N., Khoo L.T., Yuan W., Ye X.J., Chen D.Y., Xiao J.R., Ni B. Combined anterior C<sub>2</sub>–C<sub>3</sub> fusion and C<sub>2</sub> pedicle screw fixation for the treatment of unstable hangman's fracture: a contrast to anterior approach only. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 35(6): 613–619, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181ba3368>.
- Ying Z., Wen Y., Xinwei W., Yong T., Hongyu L., Zhu H., Qinggang Z., Weihong Z., Yonggeng C. Anterior cervical discectomy and fusion for unstable traumatic spondylolisthesis of the axis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008; 33(3): 255–258, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e31816233d0>.
- Губин А.В., Бурцев А.В., Рябых С.О. Задняя фиксация переломов палача. *Хирургия позвоночника* 2014; 4: 15–19, <https://doi.org/10.14531/ss2014.4.15-19>.
- Gubin A.V., Burtsev A.V., Ryabikh S.O. Posterior fixation of hangman's fractures. *Хирургия позвоночника* 2014; 4: 15–19, <https://doi.org/10.14531/ss2014.4.15-19>.
- Eimilguy Y., Koptan W., Emran I. Transpedicular screw fixation for type II hangman's fracture: a motion preserving procedure. *Eur Spine J* 2010; 19(8): 1299–1305, <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1401-2>.
- Borne G.M., Bedou G.L., Pinaudeau M. Treatment of pedicular fractures of the axis. A clinical study and screw fixation technique. *J Neurosurg* 1984; 60(1): 88–93, <https://doi.org/10.3171/jns.1984.60.1.0088>.

25. Verheggen R., Jansen J. Hangman's fracture: arguments in favor of surgical therapy for type II and III according to Edwards and Levine. *Surg Neurol* 1998; 49(3): 253–262, [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(97\)00300-5](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(97)00300-5).
26. Boulosa J.L., Colli B.O., Carlotti C.G. Jr., Tanaka K., dos Santos M.B. Surgical management of axis' traumatic spondylolisthesis (hangman's fracture). *Arq Neuropsiquiatr* 2004; 62(3B): 821–826, <https://doi.org/10.1590/s0004-282x2004000500015>.
27. Hakało J., Wroński J. Operative treatment of hangman's fractures of C<sub>2</sub>. Posterior direct pars screw repair or anterior plate-cage stabilization? *Neurol Neurochir Pol* 2008; 42(1): 28–36.
28. Liu Y., Zhu Y., Li X., Chen J., Yang S., Yang H., Jiang W. A new transpedicular lag screw fixation for treatment of unstable Hangman's fracture: a minimum 2-year follow-up study. *J Orthop Surg Res* 2020; 15(1): 372, <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01911-3>.
29. Ludwig S.C., Kowalski J.M., Edwards C.C. 2<sup>nd</sup>, Heller J.G. Cervical pedicle screws: comparative accuracy of two insertion techniques. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000; 25(20): 2675–2681, <https://doi.org/10.1097/00007632-200010150-00022>.
30. Abumi K., Kaneda K. Pedicle screw fixation for nontraumatic lesions of the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997; 22(16): 1853–1863, <https://doi.org/10.1097/00007632-199708150-00010>.