



# ОСТЕОСИНТЕЗ КОЛЬЦА C<sub>1</sub> ПОЗВОНКА КАК ФУНКЦИОНАЛЬНО СОХРАНЯЮЩАЯ ОПЕРАЦИЯ ПРИ НЕСТАБИЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМАХ АТЛАНТА

И.В. Басанкин<sup>1</sup>, А.А. Гюльзатян<sup>1</sup>, И.М. Магомедов<sup>1</sup>, К.К. Тахмазян<sup>1</sup>, М.И. Томина<sup>1</sup>, С.Б. Малахов<sup>1</sup>,  
А.А. Афаунов<sup>2</sup>, В.А. Порханов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1  
им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар, Россия

<sup>2</sup>Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

**Цель исследования.** Анализ динамики болевого синдрома, качества жизни и функционального статуса пациентов с нестабильными переломами атланта после остеосинтеза кольца C<sub>1</sub> позвонка.

**Материал и методы.** Дизайн исследования: наблюдательное ретроспективное исследование серии случаев (n = 15). Интенсивность болевого синдрома оценивали по ВАШ до операции, через 3 дня, 3 и 6 мес. после операции, качество жизни с помощью индекса ограничения жизнедеятельности из-за боли в шее NDI (Neck Disability Index) – до операции, через 3 и 6 мес. после операции, функциональный статус, а также двигательный объем шейного отдела позвоночника (поворот головы влево/вправо, сгибание/разгибание) – через 3 и 6 мес. после операции. Оценку целостности костного кольца атланта и степень консолидации после фиксации проводили по аксиальным КТ-сканам, расхождение боковых масс оценивали по фронтальным сканам. Критерием повреждения поперечной связки явилось расхождение боковых масс более 8,1 мм.

**Результаты.** У всех пациентов был перелом C<sub>1</sub> позвонка по Gehweiler IIIВ, при этом у 7 (46,7 %) пациентов отмечали травматическое повреждение поперечной связки атланта по типу Dickman I, у 8 (53,3 %) – Dickman II. Средний возраст пациентов составил 40 лет (12; 71), соотношение мужчин и женщин – 2 : 1. У 7 (46,7 %) пациентов причиной травмы было ныряние, у 6 (40,0 %) – ДТП, у 2 (13,3 %) – падение с высоты роста. При наблюдении пациентов отмечали положительную динамику в виде статистически значимого регресса болевого синдрома по ВАШ до операции и через 6 мес. после операции с 6,8 (6,0; 8,0) до 1,0 (1,0; 0,0) балла (Z = -3,434; p = 0,001). Также отмечали положительную тенденцию в виде уменьшения показателей NDI и улучшения качества жизни пациентов через 3 (Z = -3,411; p = 0,001) и через 6 мес. после операции (Z = -3,410; p = 0,001). Объем движений (поворот влево/вправо, сгибание/разгибание) статистически значимо увеличился к 6-му мес. после остеосинтеза кольца C<sub>1</sub> позвонка, показатели были близки к физиологическим. На послеоперационных КТ-сканах видна положительная динамика в виде статистически значимого регресса расхождения латеральных масс атланта с 10,4 мм (8,9; 11,4) до 2,2 мм (1,8; 2,6); Z = -3,408; p = 0,001. Полная консолидация перелома атланта отмечалась через 12,5 мес. (8,5; 16,5).

**Заключение.** Изолированный задний остеосинтез кольца атланта с применением репозиционного компрессирующего маневра в условиях distraction при повреждении типа Gehweiler IIIВ физиологически обоснован, является надежным способом стабилизации, обеспечивает восстановление конгруэнтности и всего спектра диапазона движений в атлантозатылочных и атлантоаксиальных суставах, а также обеспечивает стабильность затылочно-атлантоаксиального комплекса. Данная операция способствует существенному и долгосрочному снижению интенсивности болевого синдрома и значимому улучшению качества жизни.

**Ключевые слова:** перелом C<sub>1</sub>; остеосинтез кольца; функциональность; нестабильность.

Для цитирования: Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Магомедов И.М., Тахмазян К.К., Томина М.И., Малахов С.Б., Афаунов А.А., Порханов В.А. Остеосинтез кольца C<sub>1</sub> позвонка как функционально сохраняющая операция при нестабильных переломах атланта // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 3. С. 6–13.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.3.6-13>.

## C1-RING OSTEOSYNTHESIS AS A FUNCTIONALLY PRESERVING OPERATION FOR UNSTABLE ATLAS FRACTURES

I.V. Basankin<sup>1</sup>, A.A. Giulzatyan<sup>1</sup>, I.M. Magomedov<sup>1</sup>, K.K. Takhmazyan<sup>1</sup>, M.I. Tomina<sup>1</sup>, S.B. Malakhov<sup>1</sup>, A.A. Afaunov<sup>2</sup>, V.A. Porkhanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, Krasnodar, Russia

<sup>2</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

**Objective.** To analyze the dynamics of pain syndrome, quality of life and functional status of patients with unstable atlas fractures after C1-ring osteosynthesis.

**Material and Methods.** Study design: observational retrospective case series study (n = 15). The intensity of pain syndrome was assessed using the VAS scale before surgery, 3 days, and 3 and 6 months after surgery. The quality of life was assessed using the Neck Disability Index (NDI) before surgery, and 3 and 6 months after surgery. Functional status, as well as cervical spine range of motion (head turn left/right, flexion/ex-

tension) was assessed 3 and 6 months after surgery. The integrity of the atlas bone ring and the degree of fusion after fixation were assessed using axial CT scans; and the lateral mass separation was assessed using frontal CT scans. The criterion for transverse ligament injury was a separation of lateral masses of more than 8.1 mm.

**Results.** All patients had C1 fractures type 3B according to Gehweiler, out of them 7 patients (46.7 %) had traumatic injury to the atlas transverse ligament according to Dickman type 1, and 8 patients (53.3 according to Dickman type 2. The average age of patients was 40 years (12; 71), the male/female ratio was 2/1. In 7 patients (46.7 %), the cause of injury was diving, in 6 (40.0 %) it was a traffic accident, and in 2 (13.3 %) – a fall from a standing height. Observation of patients revealed a positive dynamics in the form of statistically significant regression of pain according to VAS before and 6 months after surgery from 6.8 (6.0; 8.0) to 1.0 (1.0; 0.0) points ( $Z = -3.434$ ;  $p = 0.001$ ). A positive trend was also noted in the form of a decrease in NDI scores and an improvement in the quality of life after 3 ( $Z = -3.411$ ;  $p = 0.001$ ) and 6 months after surgery ( $Z = -3.410$ ;  $p = 0.001$ ). The range of motion (turn left/right, flexion/extension) increased statistically significantly by the 6th month after C1-ring osteosynthesis, and its indicators were close to physiological ones. Postoperative CT scans showed positive dynamics in the form of statistically significant regression of the lateral mass separation from 10.4 mm (8.9; 11.4) to 2.2 mm (1.8; 2.6);  $Z = -3.408$ ;  $p = 0.001$ . Complete fusion of the atlas fracture was observed after 12.5 months (8.5; 16.5).

**Conclusion.** Isolated posterior osteosynthesis of the atlas ring for Gehweiler type 3B injury using a repositioning compression maneuver under distraction conditions is physiologically justified. It is a reliable method of stabilization, ensures the restoration of congruence and the entire range of motion in the atlanto-occipital and atlantoaxial joints and stability of the occipital-atlantoaxial complex. This operation contributes to a considerable and long-term reduction in the intensity of pain syndrome and a significant improvement in the quality of life.

**Key Words:** C1 fracture, ring osteosynthesis, functionality, instability.

Please cite this paper as: *Basankin IV, Giulzatyan AA, Magomedov IM, Takhmazyan KK, Tomina MI, Malakhov SB, Afaunov AA, Porkhanov VA. C1-ring osteosynthesis as a functionally preserving operation for unstable atlas fractures. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(3):6–13. In Russian.*

DOI: <http://dx.doi.org/10.14551/ss2024.3.6-13>.

В кинематике шейного отдела позвоночника C<sub>1</sub> позвонок играет важную роль. Согласно исследованию Lindenmann et al. [1], на сегмент C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub> приходится 63–73 % осевой ротации, 11–20 % сгибания/разгибания и 12–17 % – бокового сгибания шейного отдела позвоночника.

Частота переломов C<sub>1</sub> позвонка составляет 2–13 % от всех переломов шейного отдела позвоночника и 1–2 % из числа всей спинальной травмы [2]. Механизм травмы, при котором происходит повреждение костного кольца атланта и связочного аппарата C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub> сегмента, – аксиальная нагрузка, передающаяся через мышелки затылочной кости и приводящая к травматическому расширению костного кольца [3]. Стабильность перелома C<sub>1</sub> позвонка зависит от целостности поперечной связки атланта, при структурном повреждении которой перелом является нестабильным [4]. Методы лечения пациентов с нестабильными переломами атланта различны и могут быть консервативно-инвазивными (использование головодержателя или halo-аппарата) и хирургическими (задняя фиксация C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub>, задняя фиксация C<sub>0</sub>–C<sub>2</sub>/C<sub>3</sub>, задний остеосинтез C<sub>1</sub>) [5].

В настоящее время в лечении травм позвоночника существует тренд на сохранение или восстановление функциональности позвоночно-двигательного сегмента, что значительно улучшает качество жизни пациентов [6]. В связи с этим функционально ориентированные вмешательства при травматических повреждениях аксиального отдела позвоночника весьма актуальны [7, 8]. При травматическом повреждении C<sub>1</sub> позвонка функционально сохраняющей операцией является остеосинтез кольца атланта [9].

Цель исследования – анализ динамики болевого синдрома, качества жизни и функционального статуса пациентов с нестабильными переломами атланта после остеосинтеза кольца C<sub>1</sub> позвонка.

### Материал и методы

Дизайн: обсервационное ретроспективное исследование серии случаев ( $n = 15$ ). Объект исследования – пациенты с изолированным нестабильным неосложненным переломом C<sub>1</sub>. Предмет исследования – задний остеосинтез кольца C<sub>1</sub>, его эффективность и влияние на функциональность шейного отдела позвоночника.

При поступлении в нейрохирургический стационар у пациентов оценивали неврологический статус с использованием шкалы Frankel, интенсивность болевого синдрома оценивали по ВАШ до операции, через 3 дня, 3 и 6 мес. после операции, качество жизни – с помощью индекса ограничения жизнедеятельности из-за боли в шее NDI до операции, через 3 и 6 мес. после операции. Функциональный статус, а также двигательный объем шейного отдела позвоночника (поворот головы влево/вправо, сгибание/разгибание) оценивали через 3 и 6 мес. после операции с помощью программы «Транспортер-онлайн» ([https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exatools.protractor&pcampaignid=web\\_share](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exatools.protractor&pcampaignid=web_share)).

Для систематизации переломов C<sub>1</sub> позвонка применяли классификацию Gehweiler согласно рекомендательному протоколу WFNS от 2020 г. [10]. В исследование были включены пациенты с переломами C<sub>1</sub> позвонка по типу Gehweiler IIIB и повреждением поперечной связки по типу Dickman 1 (разрыв связки по центру) и Dickman 2 (авульсия костного отломка от боковой массы C<sub>1</sub> вместе с интактной связкой). Оценку целост-

ности костного кольца атланта и степень консолидации после фиксации проводили по аксиальным КТ-сканам, расхождение боковых масс (Lateral Mass Displacement, LMD) оценивали по фронтальным сканам. Критерием повреждения поперечной связки явилось расхождение боковых масс более 8,1 мм [11].

#### Техническая сторона операции

После выполнения доступа винт устанавливался в боковую массу С<sub>1</sub> под аркой атланта по стандартным траекториям. Головки полиаксиальных винтов разворачивали в горизонтальную плоскость, моделировали балку по размеру и форме, устанавливали ее в головки винтов камертонного типа, после чего выполняли продольную тракцию головы и одновременную поперечную компрессию атланта за головки имплантированных винтов. После этого гайки окончательно фиксировали, рану послойно ушивали.

Мальпозицию винтов, установленных в С<sub>1</sub>, оценивали при помощи КТ, выполненной в послеоперационном периоде, при этом использовали критерии Nu et al. [12]: тип I – винт находится в пределах костной ткани (идеальный вариант); тип II – менее 50 % диаметра винта нарушает кортикальный слой (безопасный вариант); тип III – нарушение целостности поперечного отверстия или позвоночного канала независимо от нейрососудистых осложнений (неприемлемый вариант).

#### Статистический анализ

Полученные клинические результаты обрабатывали 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 (проверку гипотезы о нормальности распределения

проводили при помощи критерия Шапиро – Уилка), использовали непараметрические методы статистического анализа, критерий знаковых рангов Вилкоксона, а в качестве нижней границы достоверности приняли уровень статистической значимости  $p < 0,05$ .

#### Результаты

Проанализировали результаты хирургического лечения 15 пациентов с изолированным переломом С<sub>1</sub>, которых в период 2018–2023 гг. прооперировали в условиях нейрохирургического отделения. У всех пациентов был перелом С<sub>1</sub> позвонка по Gehweiler IIIВ, при этом у 7 (46,7 %) из них отмечалось травматическое повреждение поперечной связки атланта по типу Dickman 1, у 8 (53,3 %) – Dickman 2.

Средний возраст пациентов – 40 лет (12; 71), соотношение мужчин и женщин – 2 : 1. У 7 (46,7 %) пациентов причиной травмы было ныряние, у 6 (40,0 %) – ДТП, у 2 (13,3 %) – падение с высоты роста. Медиана продолжительности оперативного вмешательства составила 90 (77,5; 102,5) мин, интраоперационная кровопотеря – 200 (100; 250) мл, длительность госпита-

лизации – 5 (5; 7) койкодней, время между травмой и оперативным вмешательством – 3 (2,0; 4,5) сут.

Неврологических нарушений в до- и послеоперационном периоде у пациентов не диагностировано. При наблюдении отмечали положительную динамику в виде статистически значимого регресса болевого синдрома по ВАШ до операции и через 6 мес. после операции с 6,8 (6,0; 8,0) до 1,0 (1,0; 0,0) балла ( $Z = -3,434$ ;  $p = 0,001$ ), при этом следует отметить, что болевой синдром в интервале с 3 до 6 мес. статистически незначимо регрессировал ( $Z = -1,134$ ;  $p = 0,256$ ), в связи с чем в дальнейшем динамику снижения болевого синдрома не отслеживали (рис. 1). Также отмечали положительную тенденцию в виде уменьшения показателей NDI и улучшения качества жизни пациентов через 3 мес. ( $Z = -3,411$ ;  $p = 0,001$ ) и через 6 мес. ( $Z = -3,410$ ;  $p = 0,001$ ) после операции.

Показатели двигательного объема в шейном отделе через 3 и 6 мес. после оперативного вмешательства отображены в табл. Следует отметить, что объем движений (поворот влево/вправо, сгибание/разгибание) статистически значимо увеличился

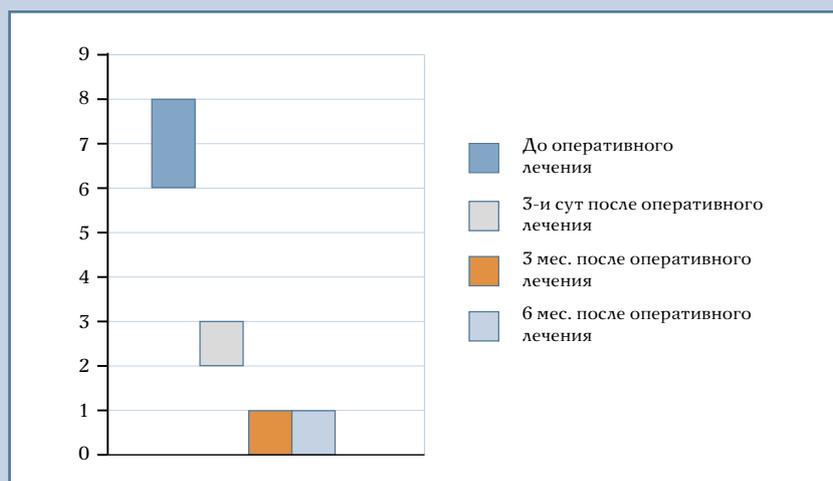


Рис. 1

Динамика изменения болевого синдрома по ВАШ в течение 6 мес. после оперативного вмешательства

Таблица

Двигательный объем в шейном отделе позвоночника через 3 и 6 мес. после операции

Движения	Через 3 мес., град (Me) [25; 75]	Через 6 мес., град. (Me) [25; 75]	T-критерий Уилкоксона
Поворот влево	59 (59; 60)	68 (66; 69)	Z = -3,315, p = 0,001
Поворот вправо	62 (59; 63)	70 (66; 73)	Z = -3,306, p = 0,001
Сгибание	36 (35; 38)	46 (45; 47)	Z = -4,025, p < 0,001
Разгибание	40 (36; 42)	52 (50; 54)	Z = -3,529, p < 0,001

к 6-му мес. после остеосинтеза кольца C<sub>1</sub> позвонка, показатели были близки к физиологическим.

На послеоперационных КТ-сканах отмечали положительную динамику в виде статистически значимого регресса расхождения латеральных масс атланта с 10,4 мм (8,9; 11,4) до 2,2 мм (1,8; 2,6); T-критерий Уилкоксона до и после операции: Z = -3,408; p = 0,001. В 14 (93,3 %) случаях винты были установлены в пределах костной ткани – тип I по Nu et al., в 1 (6,7 %) – II тип. Бикортикальная установка винта в боковую массу C<sub>1</sub> позвонка была у 8 (53,3 %) пациентов, монокортикальная – у 7 (46,7 %). Полную консолидацию перелома атланта отмечали в 12,5 (8,5; 16,5) мес. (рис. 2).

Пациентов активизировали в воротнике Шанца через сутки после оперативного вмешательства. Послеоперационный период у всех проходил гладко, без осложнений. В послеоперационном периоде нестероидные противовоспалительные средства назначали при наличии соответствующих симптомов.

### Обсуждение

Атлант является своеобразным костным мениском между мышечками затылочной кости и боковыми массами C<sub>2</sub> позвонка, обуславливающим переход движений от сгибательно-разгибательных к ротационным [3]. Переломы C<sub>1</sub> позвонка чаще всего

отмечаются при ДТП, нырянии и падении с высоты. Аксиальный вектор силы, действующей на череп, передается вниз через мышечки затылочной кости к атланту. Благодаря своей уникальной клиновидной структуре боковые массы преобразовывают аксиальный вектор силы в горизонтальный. Это приводит к травматическому отделению боковых масс от относительно хрупкой области на стыке передних и задних дуг и смещению латерально [13]. Существует несколько систем классификации переломов атланта, среди которых наиболее широко используются классификации Jefferson, Dickman, Landell, Gehweiler и AO Spine [14–18]. Согласно рекомендательному протоколу WFNS от 2020 г., целесообразно использование классификации Gehweiler, которая сочетает классификации Jefferson и Dickman [10].

Целостность поперечной связки имеет решающее значение для оценки стабильности перелома атланта. Согласно классификации Dickman, отмечают 2 типа повреждений связки: Dickman 1 (разрыв связки по центру) и Dickman 2 (авульсия костного отломка от боковой массы C<sub>1</sub> вместе со связкой) [15]. Неврологический



Рис. 2

Перелом C<sub>1</sub> позвонка по Gehweiler IIIВ (Dickman 2), расхождение боковых масс – 9,1 мм (а); полная консолидация перелома через 13 мес. после остеосинтеза кольца C<sub>1</sub>, расхождение боковых масс – 1,5 мм (б); на функциональных рентгенограммах шейного отдела пациента отмечается двигательный объем ближе к физиологическому (в)

дефицит у пациентов с переломом атланта встречается редко, поскольку при расхождении боковых масс увеличивается пространство, доступное для дурального мешка и спинного мозга, что препятствует компрессии [19]. Таким образом, стабилизация перелома является наиболее важным аспектом лечения травматических повреждений атланта.

В настоящее время существует консенсус относительно лечения стабильных переломов атланта, однако вопрос оптимального лечения нестабильных переломов C<sub>1</sub> остается спорным. Исторически консервативная терапия являлась методом выбора при переломах атланта. В исследовании Dvorak et al. [20] 22 пациентам со взрывными нестабильными переломами C<sub>1</sub> позвонка проводили консервативную терапию с использованием различных внешних ортезов (Minerva, Gilford, Philadelphia). В работе показано, что качество жизни пациентов и функциональный статус в течение пяти лет не улучшились, а у большинства отмечался болевой синдром в шейном отделе позвоночника. Авторы не рекомендуют консервативную терапию с применением жестких внешних воротников как метод лечения нестабильных переломов атланта [20]. Кроме того, иммобилизация шейного отдела позвоночника на несколько месяцев может привести к значительному дискомфорту и другим осложнениям, особенно у пациентов пожилого возраста. При этом механическая нестабильность и неконгруэнтность атлантозатылочного и атлантоаксиального суставов могут привести к артрозу, стойким болям в шейном отделе позвоночника [21]. Kim and Shin [22] в своей работе оценивали результаты лечения пациентов с нестабильными переломами атланта с помощью halo-аппарата (катамнез 1 год). По их данным, частота консолидации составила 72,7 %, между тем у пациентов, которым выполняли фиксацию C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub>, сращение достигнуто в 100 % случаев. Таким образом, применение halo-аппарата сопряжено с рисками псевдоартроза почти в 30 % случаев [22].

Хирургические методы стабилизации и ригидной фиксации в настоящее время широко применяются и включают в себя фиксацию C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub>, C<sub>0</sub>–C<sub>2</sub>. Данные методы фиксации способствуют биомеханической стабильности и гарантируют высокую скорость консолидации переломов [23]. Однако они ограничивают ротацию в сегменте C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub> и сгибание/разгибание в сегменте C<sub>0</sub>–C<sub>1</sub>, частота дегенерации дисков субаксиального шейного отдела позвоночника также может увеличиваться [24]. Для сохранения движения в смежных суставах в последнее десятилетие были предложены различные методы остеосинтеза кольца C<sub>1</sub> позвонка [25]. Некоторые исследователи пропагандируют трансоральный вентральный остеосинтез атланта [7, 26]. Однако из-за технических сложностей и недостатков установки имплантатов через контаминированную ротовую полость все больше хирургов предпочитают задний остеосинтез кольца C<sub>1</sub> [25].

Следует отметить, что существующие методики изолированного остеосинтеза атланта восстанавливают его целостность и стабильность, при этом сохраняется интактность и подвижность соседних суставных пар, которые в результате поперечного сближения боковых масс C<sub>1</sub> приобретают близкую к анатомической конгруэнтность. Совершенно очевидно, что данный вид операции имеет функциональные преимущества перед стабилизирующим вмешательством C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub> из-за отсутствия блокирования указанного сегмента. На сегодняшний день существует устойчивая парадигма, что при повреждениях костных структур атланта с разрывом поперечной связки необходима жесткая моно- или бисегментарная фиксация с созданием условий для формирования костного блока [27]. Биомеханические исследования пролили свет на изучаемый вопрос и показали, что ключ решения проблемы выбора хирургической тактики находится исключительно в плоскости механизма повреждения поперечной связки и окружающего капсульно-

связочного комплекса при взрывных переломах атланта [28]. Запредельные ротационные или сгибательные нагрузки, при которых происходит перелом и трансляция атланта, приводят не только к повреждению костных структур, но и связочного аппарата, при этом с большой долей вероятности, помимо поперечной связки атланта, повреждаются также другие стабилизаторы (капсула сустава, крыловидная связка, мышцы). В случае чрезмерной осевой аксиальной нагрузки с нарушением целостности кольца атланта происходит травматическое расхождение боковых масс C<sub>1</sub> с разрывом или отрывом от места прикрепления поперечной связки, при этом вторичные стабилизаторы сегмента остаются интактными [29].

В своих работах Koller et al. [30] и Shatsky et al. [31] пришли к выводу, что сохранение целостности вторичных стабилизаторов в сегменте C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub> после травмы, а также качественно выполненный остеосинтез кольца C<sub>1</sub> с созданием конгруэнтности суставных пар обеспечивают достаточно долгосрочную стабильность поврежденной зоны. В этом случае биомеханически не оправдана фиксация смежных с поврежденным атлантом сегментов, несмотря на повреждение поперечной связки. Данное расширение объема хирургического вмешательства не обеспечивает дополнительной стабильности, а лишь ограничивает функциональность поврежденной зоны.

В 2022 г. Yan et al. [32] опубликовали сравнительный анализ результатов (катамнез 5 лет) лечения 73 пациентов с нестабильными переломами атланта, которым выполняли или фиксацию C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub> (n = 36), или остеосинтез кольца C<sub>1</sub> (n = 37). Авторы пришли к выводу, что остеосинтез кольца C<sub>1</sub> по всем исследуемым параметрам (время операции, кровопотеря, длительность госпитализации, доза облучения, боль в шее, функциональный статус) превосходит фиксацию C<sub>1</sub>–C<sub>2</sub> [32].

В нашем исследовании у пациентов с нестабильным переломом C<sub>1</sub> и разрывом поперечной связки, которым

выполняли остеосинтез кольца атланта, удалось достичь сближения боковых масс C<sub>1</sub> на 78,8 % (с 10,4 мм исходного диастаза в среднем до 2,2 мм) и таким образом привести данный параметр к показателям, близким к анатомическим. При динамическом наблюдении этих пациентов отмечали статистически значимый регресс болевого синдрома и показателей NDI. Сроки консолидации перелома составили 12,5 мес. (8,5; 16,5). Объем движений (поворот влево/вправо, сгибание/разгибание) статистически значимо увеличился к 6-му мес. после остеосинтеза кольца C<sub>1</sub> позвонка, дан-

ные показатели были близки к физиологической норме.

### Заключение

Изолированный задний остеосинтез кольца атланта с применением репозиционного компрессирующего маневра в условиях distraction при его повреждении типа Gehweiler IIIB физиологически обоснован, является надежным способом стабилизации, обеспечивает восстановление конгруэнтности и всего спектра диапазона движений в атлантизатылочных и атлантиаксиальных суставах, а также обеспечивает стабильность

затылочно-атлантиаксиального комплекса. Данная операция способствует существенному и долгосрочному снижению интенсивности болевого синдрома и значимому улучшению качества жизни.

*Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.*

### Литература/References

- Lindenmann S, Tsagkaris C, Farshad M, Widmer J. Kinematics of the cervical spine under healthy and degenerative conditions: a systematic review. *Ann Biomed Eng.* 2022;50:1705–1733. DOI: 10.1007/s10439-022-03088-8.
- Matthiessen C, Robinson Y. Epidemiology of atlas fractures – a national registry-based cohort study of 1,537 cases. *Spine J.* 2015;15:2332–2337. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.06.052.
- Рамих Э.А. Повреждения верхнего шейного отдела позвоночника: диагностика, классификации, особенности лечения // Хирургия позвоночника. 2005. № 1. С. 25–44. [Ramikh EA. Upper cervical spine injuries: diagnostics, classifications and treatment peculiarities. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2005;(1):25–44]. DOI: 10.14531/ss2005.1.25-44.
- Zou X, Ouyang B, Wang B, Yang H, Ge S, Chen Y, Ni L, Zhang S, Xia H, Wu Z, Ma X. Motion-preserving treatment of unstable atlas fracture: transoral anterior C1-ring osteosynthesis using a laminoplasty plate. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21:538. DOI: 10.1186/s12891-020-03575-w.
- Laubach M, Pishnamaz M, Scholz M, Spiegl U, Sellei RM, Herren C, Hildebrand F, Kobbe P. Interobserver reliability of the Gehweiler classification and treatment strategies of isolated atlas fractures: an internet-based multicenter survey among spine surgeons. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022;48:601–611. DOI: 10.1007/s00068-020-01494-y.
- Wang X, Wu XD, Zhang Y, Zhu Z, Jiang J, Li G, Liu J, Shao J, Sun Y. The necessity of implant removal after fixation of thoracolumbar burst fractures – a systematic review. *J Clin Med.* 2023;12:2213. DOI: 10.3390/jcm12062213.
- Zou X, Yang H, Deng C, Fu S, Chen J, Ma R, Ma X, Xia H. The use of a novel reduction plate in transoral anterior C1-ring osteosynthesis for unstable atlas fractures. *Front Surg.* 2023;10:1072894. DOI: 10.3389/fsurg.2023.1072894.
- Басанкин И.В., Гюльзатын А.А., Нестеренко П.Б., Багаудинов А.Б., Таюрский Д.А., Муханов М.Л. Опыт использования транспедикулярного остеосинтеза при травматическом спондилолистезе C<sub>2</sub> позвонка // Современные технологии в медицине. 2021. Т. 13. № 5. С. 47–53. [Basankin IV, Giulzatyayn AA, Nesterenko PB, Bagaudinov AB, Tayurskiy DA, Mukhanov ML. Experience of using transpedicular osteosynthesis in traumatic spondylolisthesis of the axis. *Sovremennyye tehnologii v medicine.* 2021;13(5):47–53]. DOI: 10.17691/stm2021.13.5.06.
- Shin JW, Suk KS, Kim HS, Yang JH, Kwon JW, Lee HM, Moon SH, Lee BH, Park SJ, Park SR, Kim SK. Direct internal fixation for unstable atlas fractures. *Yonsei Med J.* 2022;63:265–271. DOI: 10.3349/ymj.2022.63.3.265.
- Alves OL, Pereira I, Kim SH, Grin A, Shimokawa N, Kononov N, Zileli M. Upper Cervical Spine Trauma: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurosurg.* 2020;17:723–736. DOI: 10.14245/ns.2040226.113.
- Eun J, Oh Y. The relationship between radiologic parameters and transverse atlantal ligament injury obtained from MRI scans in patients with an isolated atlas burst fracture: A retrospective observational study. *Medicine (Baltimore).* 2021;100:e28122. DOI: 10.1097/MD.00000000000028122.
- Hu Y, Kepler CK, Albert TJ, Yuan ZS, Ma WH, Gu YJ, Xu RM. Accuracy and complications associated with the freehand C-1 lateral mass screw fixation technique: a radiographic and clinical assessment. *J Neurosurg Spine.* 2013;18:372–377. DOI: 10.3171/2013.1.SPINE12724.
- Niu HG, Zhang JJ, Yan YZ, Yang K, Zhang YS. Direct osteosynthesis in the treatment of atlas burst fractures: a systematic review. *J Orthop Surg Res.* 2024;19:129. DOI: 10.1186/s13018-024-04571-9.
- Jefferson G. Fracture of the atlas vertebra. Report of four cases, and a review of those previously recorded. *Br J Surg.* 1919;7:407–422. DOI: 10.1002/bjs.1800072713.
- Dickman CA, Mamourian A, Sonntag VK, Drayer BP. Magnetic resonance imaging of the transverse atlantal ligament for the evaluation of atlantoaxial instability. *J Neurosurg.* 1991;75:221–227. DOI: 10.3171/jns.1991.75.2.0221.
- Landells CD, Van Peteghem PK. Fractures of the atlas: classification, treatment and morbidity. *Spine.* 1988;13:450–452. DOI: 10.1097/00007632-198805000-00002.
- Fiedler N, Spiegl UJA, Jarvers JS, Josten C, Heyde CE, Osterhoff G. Epidemiology and management of atlas fractures. *Eur Spine J.* 2020;29:2477–2483. DOI: 10.1007/s00586-020-06317-7.
- Karamian BA, Schroeder GD, Lambrechts MJ, Canseco JA, Vialle EN, Kandziara F, Benneker LM, Shanmuganathan R, Oner FC, Schnake KJ, Kepler CK, Vaccaro AR. Validation of the hierarchical nature of the AO Spine Sacral Classification and the development of the Sacral AO Spine Injury Score. *Clin Spine Surg.* 2023;36:E239–E246. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001437.
- Lieu M, Charles YP, Blondel B, Barresi L, Nicot B, Challier V, Godard J, Kouyoumdjian P, Lonjon N, Marinho P, Freitas E, Schuller S, Fuentes S, Allia J, Berthiller J, Barrey C. C1 fracture: Analysis of consolidation and complications rates in a prospective multicenter series. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104:1049–1054. DOI: 10.1016/j.otsr.2018.06.014.

20. **Dvorak MF, Johnson MG, Boyd M, Johnson G, Kwon BK, Fisher CG.** Long-term health-related quality of life outcomes following Jefferson-type burst fractures of the atlas. *J Neurosurg Spine.* 2005;2:411–417. DOI: 10.3171/spi.2005.2.4.0411.
21. **Shin JJ, Kim KR, Shin J, Kang J, Lee HJ, Kim TW, Hong JT, Kim SW, Ha Y.** Surgical versus conservative management for treating unstable atlas fractures: a multicenter study. *Neurospine.* 2022;19:1013–1025. DOI: 10.14245/ns.2244352.176.
22. **Kim MK, Shin JJ.** Comparison of radiological and clinical outcomes after surgical reduction with fixation or halo-vest immobilization for treating unstable atlas fractures. *Acta Neurochir (Wien).* 2019;161:685–693. DOI: 10.1007/s00701-019-03824-5.
23. **Li J, Cao S, Guo D, Lu T, Zang Q.** Biomechanical properties of different anterior and posterior techniques for atlantoaxial fixation: a finite element analysis. *J Orthop Surg Res.* 2023;18:456. DOI: 10.1186/s13018-023-03905-3.
24. **Ruf M, Melcher R, Harms J.** Transoral reduction and osteosynthesis C1 as a function-preserving option in the treatment of unstable Jefferson fractures. *Spine.* 2004;29:823–827. DOI: 10.1097/01.brs.0000116984.42466.7e.
25. **Niu HG, Zhang JJ, Yan YZ, Yang K, Zhang YS.** Direct osteosynthesis in the treatment of atlas burst fractures: a systematic review. *J Orthop Surg Res.* 2024;19:129. DOI: 10.1186/s13018-024-04571-9.
26. **Ma W, Xu N, Hu Y, Li G, Zhao L, Sun S, Jiang W, Liu G, Gu Y, Liu J.** Unstable atlas fracture treatment by anterior plate C1-ring osteosynthesis using a transoral approach. *Eur Spine J.* 2013;22:2232–2239. DOI: 10.1007/s00586-013-2870-x.
27. **Dickman CA, Greene KA, Sonntag VK.** Injuries involving the transverse atlantal ligament: classification and treatment guidelines based upon experience with 39 injuries. *Neurosurgery.* 1996;38:44–50. DOI: 10.1097/00006123-199601000-00012.
28. **Gebauer M, Goetzen N, Barvencik F, Beil FT, Rupprecht M, Rueger JM, Puschel K, Morlock M, Amling M.** Biomechanical analysis of atlas fractures: a study on 40 human atlas specimens. *Spine.* 2008;33:766–770. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816956de.
29. **Heller JG, Amrani J, Hutton WC.** Transverse ligament failure: a biomechanical study. *J Spinal Disord.* 1993;6:162–165.
30. **Koller H, Resch H, Tauber M, Zenner J, Augat P, Penzkofer R, Acosta F, Kolb K, Kathrein A, Hitzl W.** A biomechanical rationale for C1-ring osteosynthesis as treatment for displaced Jefferson burst fractures with incompetency of the transverse atlantal ligament. *Eur Spine J.* 2010;19:1288–1298. DOI: 10.1007/s00586-010-1380-3.
31. **Shatsky J, Bellabarba C, Nguyen Q, Bransford RJ.** A retrospective review of fixation of C1 ring fractures – does the transverse atlantal ligament (TAL) really matter? *Spine J.* 2016;16:372–379. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.11.041.
32. **Yan L, Du J, Yang J, He B, Hao D, Zheng B, Yang X, Hui H, Liu T, Wang X, Guo H, Chen J, Wang S, Ma S, Dong S.** C1-ring osteosynthesis versus C1-2 fixation fusion in the treatment of unstable atlas fractures: a multicenter, prospective, randomized controlled study with 5-year follow-up. *J Neurosurg Spine.* 2022;37:157–165. DOI: 10.3171/2021.12.spine211063.

**Адрес для переписки:**

Гюльзатян Абрам Акопович  
350086, Россия, Краснодар, ул. 1 Мая, 167,  
НИИ – Краевая клиническая больница № 1  
им. проф. С.В. Очаповского,  
abramgulz@gmail.com

**Address correspondence to:**

Giulzatyan Abram Akopovich  
Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1  
n.a. Prof. S.V. Ochapovsky,  
167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia,  
abramgulz@gmail.com

Статья поступила в редакцию 29.07.2024

Рецензирование пройдено 08.08.2024

Подписано в печать 22.08.2024

Received 29.07.2024

Review completed 08.08.2024

Passed for printing 22.08.2024

Игорь Вадимович Басанкин, д-р мед. наук, заведующий отделением нейрохирургии № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;  
Абрам Акопович Гюльзатян, канд. мед. наук, врач-нейрохирург НХО № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-1260-4007, abramgulz@gmail.com;  
Ислам Магомедович Магомедов, врач-нейрохирург НХО № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0009-0009-1010-5547, Intestunium@yandex.ru;  
Карамет Караметович Тахмазян, канд. мед. наук, врач-нейрохирург НХО № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0002-4496-2709, drkarpo@gmail.com;  
Марина Игоревна Томина, врач-невролог НХО № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0001-9388-5220, marinaa07@inbox.ru;  
Сергей Борисович Малахов, врач-невролог НХО № 3, Научно-исследовательский институт – краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0001-5419-4208, malakbovserg@gmail.com;  
Аскер Алиевич Афаунов, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой травматологии, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaitovkr@mail.ru;  
Владимир Алексеевич Порханов, д-р мед. наук, академик РАН, главный врач, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-0572-1395, kkb1@mail.ru.

Igor Vadimovich Basankin, DMSc, Head of the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 67 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;

Abram Akopovich Giulzatyan, MD, PhD, neurosurgeon in the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 67 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0003-1260-4007, abramgulz@gmail.com;

Islam Magomedovich Magomedov, neurosurgeon in the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 67 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0009-0009-1010-5547, Intestunium@yandex.ru;

Karapet Karapetovich Takbmazyan, MD, PhD, neurosurgeon in the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 67 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0002-4496-2709, drkarpo@gmail.com;

Marina Igorevna Tomina, neurologist in the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 67 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0001-9388-5220, marinaa07@inbox.ru;

Sergey Borisovich Malakhov, neurologist in the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 67 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0001-5419-4208, malakhovserg@gmail.com;

Asker Alievich Afaunov, DMSc, Prof., Head of the Department Traumatology, Kuban State Medical University, 4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaunovkr@mail.ru;

Vladimir Alekseyevich Porkbanov, DMSc, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Physician of the Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 67 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0003-0572-1395, kkb1@mail.ru.