

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462744>

Зубовидная кость второго шейного позвонка: история и современные подходы к лечению. Обзор литературы. Часть 2¹

А.А. Кулешов¹, А.Н. Шкарубо², В.А. Шаров¹, М.С. Ветрилэ¹,
И.Н. Лисянский¹, С.Н. Макаров¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

² Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Представлена вторая часть обзора литературы, посвящённого редкой патологии краниовертебральной области — зубовидной кости С_{II} позвонка. Обзор носит несистематический характер и проведён с использованием баз данных медицинской литературы и поисковых ресурсов PubMed, Google Scholar и eLibrary. Во второй части данного обзора литературы представлены описание исторических, в том числе консервативных, подходов к тактике лечения пациентов с зубовидной костью, особенности предоперационного планирования и подготовки, а также современные методики и варианты оперативного лечения.

Ключевые слова: зубовидная кость; зубовидный отросток; краниовертебральная область; атлантаксиальная нестабильность; атлантаксиальная стабилизация; С_I-С_{II} фиксация.

Как цитировать:

Кулешов А.А., Шкарубо А.Н., Шаров В.А., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Зубовидная кость второго шейного позвонка: история и современные подходы к лечению. Обзор литературы. Часть 2 // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 2. С. 245–258. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462744>

¹ Первая часть обзора (Кулешов А.А., Шкарубо А.Н., Шаров В.А., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. «Зубовидная кость второго шейного позвонка: аспекты эпидемиологии, этиопатогенеза, клинической картины и диагностики. Обзор литературы») опубликована в журнале «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». 2023. Т. 30, № 1. С. 97–110. doi: <https://doi.org/10.17816/vto121329>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462744>

Os odontoideum of C₂ vertebra: History and current options to treatment. Literature review. Part 2

Alexander A. Kuleshov¹, Alexey N. Shkarubo², Vladislav A. Sharov¹, Marchel S. Vetrile¹, Igor N. Lisyansky¹, Sergey N. Makarov¹

¹ Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation;

² Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The second part of a literature review is presented on a rare pathology of the craniovertebral region, the os odontoideum of the C₂ vertebra. This review is non-systematic and was conducted using the databases and search resources: PubMed, Google Scholar, and eLibrary. The second part of this literature review describes historical, including conservative, treatment tactics for patients with os odontoideum, peculiarities of preoperative planning and preparation, as well as modern techniques and options for surgical treatment.

Keywords: os odontoideum; odontoid process; craniovertebral junction; atlantoaxial instability; atlantoaxial fixation; C₁-C₂ fixation.

To cite this article:

Kuleshov AA, Shkarubo AN, Sharov VA, Vetrile MS, Lisyansky IN, Makarov SN. Os odontoideum of C₂ vertebra: History and current options to treatment. Literature review. Part 2. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(2):245–258. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto462744>

Received: 29.05.2023

Accepted: 31.07.2023

Published: 08.08.2023

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нет точных стандартов диагностики и протоколов лечения пациентов с зубовидной костью. Наряду с этиологией этого порока в литературе до сих пор широко обсуждаются концептуальные подходы к лечению лиц данной группы. Учитывая постоянно растущее количество работ о методах фиксации краниовертебральной области и лечении пациентов с зубовидной костью, представляем вторую часть несистематического обзора литературы, посвящённого данной редкой патологии краниовертебральной области.

Сегодня абсолютное большинство авторов сходятся во мнении, что происхождение зубовидной кости не влияет на тактику лечения и пациенты с нестабильной зубовидной костью или с фиксированной деформацией, вызывающей компрессию спинного мозга в области краниовертебрального перехода, должны лечиться оперативно. К примеру, А.В. Губин, Э.В. Ульрих в работе «Синдромальный подход к ведению детей с пороками развития шейного отдела позвоночника» (2010 г.) относят зубовидную кость к группе первично нестабильных пороков и, как следствие, считают, что пациенты с этой патологией требуют стабилизации в максимально ранние сроки [1–4].

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Поиск и отбор источников проведены с использованием баз данных медицинской литературы и поисковых ресурсов PubMed, Google Scholar и eLibrary по следующим ключевым словам: «os odontoideum», «atlantoaxial instability», «atlantoaxial fixation», «C₁-C₂ fixation», «зубовидная кость», «атлантаксиальная нестабильность», «атлантаксиальная стабилизация», «C₁-C_{II} фиксация».

Вторая часть литературного обзора посвящена историческим аспектам подходов к лечению пациентов с зубовидной костью C_{II} позвонка, возможностям консервативных методик и описанию современных хирургических тактик.

ОБСУЖДЕНИЕ

Консервативный подход к лечению пациентов с зубовидной костью

Имеются немногочисленные сообщения о применении консервативного лечения у пациентов со стабильной зубовидной костью без признаков компрессии спинного мозга [5]. E.L. Spierings, R. Braakman в 1982 г. описали 20 пациентов (из группы 37 лиц с зубовидной костью), лечившихся консервативно. У 16 из них изначально не было неврологического дефицита, после лечения у большего числа пациентов отмечалось улучшение либо отсутствие изменений в симптоматике. Лишь у 2 пациентов возник болевой синдром в шее и плечах. Из 4 пациентов

с миелопатией незначительное ухудшение неврологической симптоматики отмечалось у одного человека, и один пациент умер по несвязанной причине (онкология), данные о его состоянии отсутствуют [6].

В исследовании, представленном J.W. Fielding с соавт. в 1980 г., описаны 37 пациентов с зубовидной костью, 8 из которых не имели нестабильности и проходили консервативное лечение. По результатам трёхлетнего наблюдения, у них не отмечалось неврологических осложнений. Один пациент с нестабильностью отказался от операции и оставался здоровым с точки зрения неврологической симптоматики в течение последующих 2 лет наблюдений [7].

Однако в литературе присутствуют примеры пациентов со стабильной зубовидной костью, у которых впоследствии развилась нестабильность [4], или примеры того, как у пациента, прошедшего консервативное лечение, развилась параплегия после незначительной травмы [3, 8].

В случаях, когда нестабильность ассоциирована с наличием зубовидной кости и/или присутствует неврологический дефицит, имеются менее убедительные доказательства оправданности консервативного подхода [3].

В настоящее время самое обширное описание результатов консервативного лечения пациентов с зубовидной костью представлено в работе I.J. Helenius с соавт. «Os Odontoideum in Children: Treatment Outcomes and Neurological Risk Factors», изданной в 2019 г. В ней описывается анализ 102 лиц с зубовидной костью, из которых оперативному лечению подвергся 71 пациент, а 31 лечились консервативно. Показаниями для консервативного лечения были максимальное изменение атлантадентального интервала при сгибании и разгибании не более 5 мм и отсутствие симптомов стойкого неврологического дефицита. Пациенты без неврологических нарушений проходили наблюдение, если же имелись явления временного неярко выраженного неврологического дефицита после незначительной травмы, для консервативного лечения использовалась иммобилизация в жёстком воротнике либо жилете Гало в течение 3 месяцев. Также в группу консервативного лечения вошли пациенты, отказавшиеся от оперативного лечения, несмотря на клинические показания. В течение срока наблюдения 2 пациентам, лечившимся консервативно, всё же потребовалось выполнение оперативного лечения из-за развития атлантаксиальной нестабильности и миелопатии. У 1 пациента со стойким неврологическим дефицитом в виде асимметричного неполного тетрапареза, отказавшегося от оперативного лечения, не наблюдалось динамики в изменении неврологического статуса в течение 10 лет наблюдения. Результаты консервативного лечения остальных пациентов оцениваются авторами как удовлетворительные [9].

Тем не менее, несмотря на данные наблюдения, пациентам с зубовидной костью и признаками нестабильности или неврологического дефицита рекомендуется

проведение оперативного лечения [1]. Более того, за пациентами со стабильной зубовидной костью, которым решено проводить консервативное лечение, должно осуществляться долгосрочное наблюдение, чтобы иметь возможность выявить возникновение нестабильности в будущем [3].

Использование галотракции перед операцией и внешней иммобилизации в послеоперационном периоде

Галотракция оказалась очень полезным инструментом при лечении редуцируемых патологий краниоцервикального перехода, который в настоящее время чаще используется для внешней иммобилизации в до- и послеоперационном периодах [10, 11]. Есть несколько определённых показаний к его предоперационному применению в отношении зубовидной кости. При дистопическом варианте зубовидной кости, при котором имеется нередуцируемая компрессия в области большого затылочного отверстия, тракция может быть использована с осторожностью после установки галоаппарата в нейтральное положение и постепенной коррекции с применением рентген-контроля. При достижении выравнивания и редукции наложение жилета поможет временно сохранить положение коррекции, после чего может быть выполнена задняя фиксация со спондилодезом [3, 12].

C.F. List ещё в 1941 г. описал применение тракции для восстановления краниовертебральных соотношений [13]. L. Dai с соавт. использовали тракцию в предоперационной подготовке у всех 39 описанных ими пациентов с зубовидной костью с хорошим результатом [5].

C.T. Ветрилэ и С.В. Колесов описали применение галоаппарата в сочетании с проведённой спицей через остистый отросток C_{II} позвонка при лечении неврвправимых трансдентальных подвывихов и вывихов C_I позвонка. Спицу фиксировали в скобе, которую крепили к штангам галоаппарата при помощи репозирующего устройства. Такая конструкция позволяла существенно повысить точность репозиции, в том числе при застарелых повреждениях [14].

А.А. Кулешов с соавт. в работе «Варианты хирургического лечения застарелых переломов зубовидного отростка C_{II} позвонка» (2019 г.) отмечают, что в случаях выраженного смещения отломков и деформации позвоночного канала с компрессией спинного мозга используют многоэтапные варианты лечения с репозицией в галоаппарате и последующими декомпрессивно-стабилизирующими вмешательствами — моносегментарной фиксацией (проволочной, крючковой, винтовой по Magerl, Harms и т.п.) или окципитоспондилодезом [12]. Данный тезис правомерно применить и в отношении лечения пациентов с зубовидной костью из-за схожести этих клинических состояний [15].

В случаях использования техник дорсальной фиксации, включая субламинарное проведение, при котором

отмечаются более поздние сроки сращения, а также в случаях, связанных с заболеваниями соединительной ткани и синдромом Дауна, при которых сроки сращения (достижения спондилодеза) также увеличены, послеоперационное наложение галокольца может быть хорошим вариантом к рассмотрению [16]. Однако Н.О. Хусаинов, С.В. Виссарионов, Д.Н. Кокушин отмечают, что у детей с синдромом Дауна применение галоаппарата ограничено в связи с низким уровнем интеллекта подавляющего большинства больных, трудностями послеоперационного ухода и необходимостью тщательного наблюдения за пациентами. Применение головодержателя — Шанца или типа «Филадельфия» — у таких пациентов является оптимальным вариантом внешней фиксации шейного отдела позвоночника в послеоперационном периоде [17].

Использование навигации и биомоделей при оперативном лечении

J.E. Brecknell и G.M. Malham в 2008 г. продемонстрировали использование компьютерной томографии в качестве навигации, а также биомоделей как удачное дополнение к дорсальному проведению полиаксиальных винтов у 3 пациентов с зубовидной костью [18].

Биомодели являются достаточно точными инструментами. Трёхмерные реконструкции компьютерной модели, созданной на основе тонких срезов компьютерной томографии, обычно изготавливаются на основе акрилата или пластмассовых смол. Использование биомоделей для предоперационного планирования, предоставления информации пациентам и обучения технике операции может быть весьма полезным, хотя модальность данного утверждения требует дальнейшей проверки и изучения [19].

Варианты хирургического лечения пациентов с зубовидной костью

Невозможно обосновать единый хирургический подход к лечению пациента с нестабильной зубовидной костью и клинической симптоматикой. Парадигма принятия решений должна быть адаптирована к каждому случаю в индивидуальном порядке. Однако есть общие принципы, согласно которым формируется принятие решения о хирургическом доступе и методах фиксации, требующихся для лечения этого состояния. Алгоритм принятия решения в том или ином случае при наличии у пациента зубовидной кости изложен в работе В. Arvin с соавт. 2010 г. «Os odontoideum: etiology and surgical management» (рис. 1) [3].

Как и при многих других состояниях, затрагивающих краниовертебральный переход, оперативное вмешательство в этой области преследует две основные цели: устранить компрессию в зоне большого затылочного отверстия и атлантаксиальной области и стабилизировать позвоночник по отношению к его субаксиальному отделу, для чего в некоторых случаях прибегают к его фиксации с черепом [3, 10, 20].



Рис. 1. Алгоритм выбора метода лечения пациентов с зубовидной костью.
 Fig. 1. Algorithm for selecting the method of treatment for patients with os odontoideum.

Выбор переднего либо заднего доступа

Решение оперировать передним или задним доступом в значительной степени зависит от 2 факторов: во-первых, направления компрессии и, во-вторых, предпочтения, личного опыта и уровня комфорта выбранного доступа для хирурга.

Невыправимый передний подвывих, связанный с компрессией спинного мозга, должен оперироваться из вентрального доступа. Задняя компрессия — дорсальным доступом. В случае пациента с зубовидной костью учитываются и другие факторы, такие как положение зубовидной кости и её способность к редукции. Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев можно пользоваться дорсальным доступом. Более того, если редукция достигается при крайнем положении сгибания, передний доступ становится технически сложно-выполнимым [3].

В то же время, если редукция достигается в разгибании, дорсальный доступ можно применять только в том случае, если удаётся избежать компрессии спинного мозга. В ряде случаев необходимо использовать возможность декомпрессии из передних доступов, особенно если сохраняется значительная остаточная компрессия после выполнения дорсального этапа. При фиксированной зубовидной кости, в основном дистопическом варианте,

как правило, требуется передняя декомпрессия с применением трансорального либо трансназального доступа с предварительно выполненной дорсальной стабилизацией [3, 15, 21, 22].

Хирургические техники для заднего C₁-C_{II} спондилодеза с использованием полиаксиальных винтов и стержней

A. Goel с соавт. в 1994 г. были первыми, кто описал применение независимых C₁ и C_{II} винтов, соединённых пластиной. В опубликованном ими исследовании с участием 160 пациентов самая большая группа (48 пациентов) имела зубовидную кость, при использовании этой техники отмечались хорошие результаты [23, 24] (рис. 2).

J. Harms, R.P. Melcher в 2001 г. описали методику фиксации C₁-C_{II} сегмента с проведением полиаксиальных винтов через боковые массы C₁ и через pars interarticularis транспедикулярно в C_{II} с последующим выполнением корригирующего манёвра под рентген-контролем и фиксацией стержнями (рис. 3) [25]. Шесть из 37 пациентов, описанных в исследовании, имели зубовидную кость. В позднем послеоперационном периоде у всех пациентов наблюдались рентгенологические признаки спондилодеза. Эта техника имеет значительные преимущества: корригирующий манёвр может быть выполнен интраоперационно,

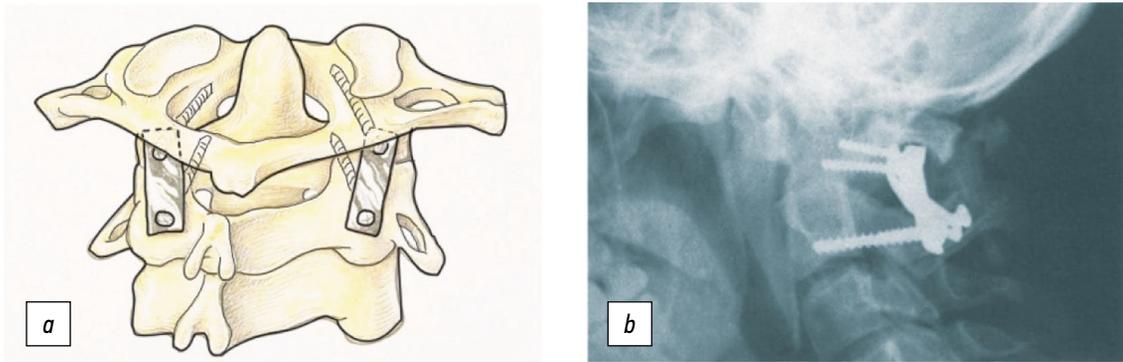


Рис. 2. Методика фиксации C_1-C_{II} по Goel. *a* — иллюстрация методики, *b* — рентгенограмма в боковой проекции.

Fig. 2. C_1-C_2 Goel fixation techniques. *a* — illustration of technique, *b* — the X-ray in lateral view.

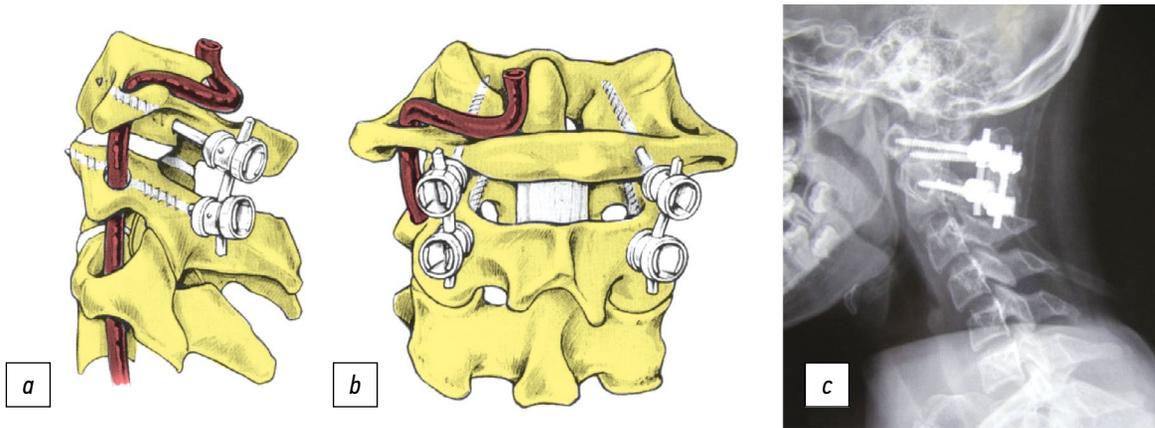


Рис. 3. Методика фиксации C_1-C_{II} по Harms и Melcher. *a* — вид сбоку, *b* — вид сзади, *c* — рентгенограмма в боковой проекции.

Fig. 3. C_1-C_2 Harms and Melcher fixation technique. *a* — side view, *b* — back view, *c* — the X-ray in lateral view.

и риск повреждения позвоночной артерии значительно снижен [25].

М. Al-Barbarawi с соавт. в 2005 г. описали комбинацию техники Harms и Melcher с трансарткулярным проведением винтов у пациента с зубовидной костью (рис. 4) [26]. Осложнений в интраоперационном и послеоперационном периодах отмечено не было. При дальнейшем наблюдении на контрольных рентгенограммах и компьютерной томографии — положение элементов металлоконструкции удовлетворительное. Спондилодез сформировался через 3 месяца [26].

Ф. Magerl и P.S. Seemann в 1979 г. предложили методику задней трансарткулярной фиксации C_1-C_{II} винтами (рис. 5) [27]. Данная техника показала лучшее сращение, чем субламинарная проволоочная фиксация [3].

С.А. Dickman и V.K. Sonntag в 1998 г. в большой серии исследований с участием 121 пациента, у 9 из которых была зубовидная кость и которым проводилась C_1-C_{II} фиксация с задним спондилодезом с применением задней трансарткулярной либо субламинарной проволоочной фиксации, продемонстрировали уровень формирования костного блока, равный 98%, при использовании этой техники по сравнению с 86% при использовании задней субламинарной проволоочной фиксации [28].

Хотя существенной разницы в частоте формирования костного блока при использовании трансарткулярной винтовой фиксации и проведении полиаксиальных винтов через боковые массы C_1 и через pars



Рис. 4. Комбинированная методика фиксации C_1-C_{II} , описанная Al-Barbarawi.

Fig. 4. The combined C_1-C_2 fixation technique described by Al-Barbarawi.

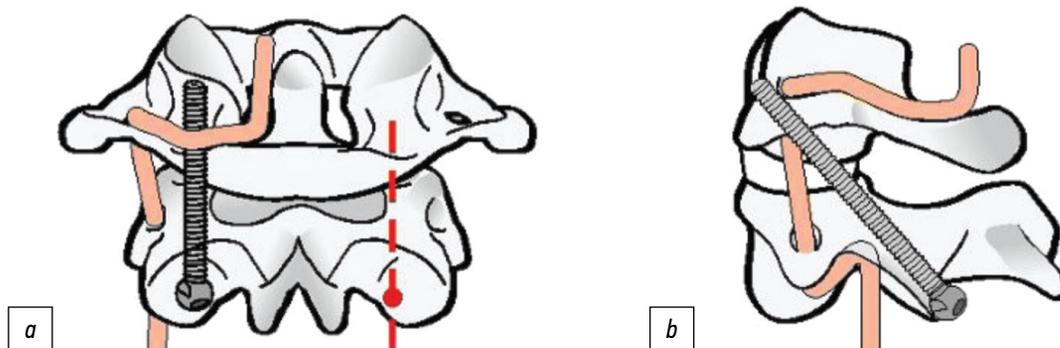


Рис. 5. Методика фиксации C₁-C₂ по Magerl. *a* — вид сзади, *b* — вид сбоку.
 Fig. 5. C₁-C₂ fixation technique by Magerl. *a* — back view, *b* — side view.

interarticularis транспедикулярно в C₁ нет, имеются ограничения в плане техники. Во-первых, перед проведением трансартикулярного винта необходимо привести в норму соотношения в атлantoаксиальном суставе, что означает достижение редукции. Во-вторых, правильный угол проведения винта в случаях, когда у пациента имеется выраженная кифотическая деформация грудного отдела, может быть не достигнут. И наконец, примерно пятая часть пациентов с аномалиями краниовертебрального перехода имеют другие костные аномалии в данной области либо аномальное прохождение позвоночной артерии, что увеличивает вероятность её травмирования при использовании этой техники [29, 30].

J. Liu с соавт. в 2019 г. описали методику комплексной редукции при неврправимом вывихе C₁ позвонка на фоне зубовидной кости с последовательным использованием галотракции, давления вперёд за остистый отросток C₂ позвонка, дистракции на элементах установленной металлоконструкции с последующим смещением C₁ позвонка кзади (рис. 6) [31].

Передняя трансартикулярная фиксация

Метод передней трансартикулярной фиксации, впервые описанный J.R. Barbour в 1971 г. для лечения пациентов с атлantoаксиальной нестабильностью [32], в настоящее время имеет меньшую популярность по сравнению с методами дорсальной фиксации C₁-C₂. Однако W.L. Li с соавт. в работе «Percutaneous anterior transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a case series» (2010 г.) провели ретроспективный анализ 8 случаев пациентов с атлantoаксиальной нестабильностью, у 3 из которых обнаружили зубовидную кость и которым выполнялось оперативное лечение в виде перкутанной передней трансартикулярной фиксации C₁-C₂ винтами. По результатам данного исследования, методика передней трансартикулярной фиксации продемонстрировала схожий уровень биомеханической стабильности в сравнении с другими способами фиксации C₁-C₂, а также высокий показатель клинического успеха. Спондилодез сформировался у всех пациентов [33].

Также передняя трансартикулярная фиксация может быть альтернативой фиксации из заднего доступа

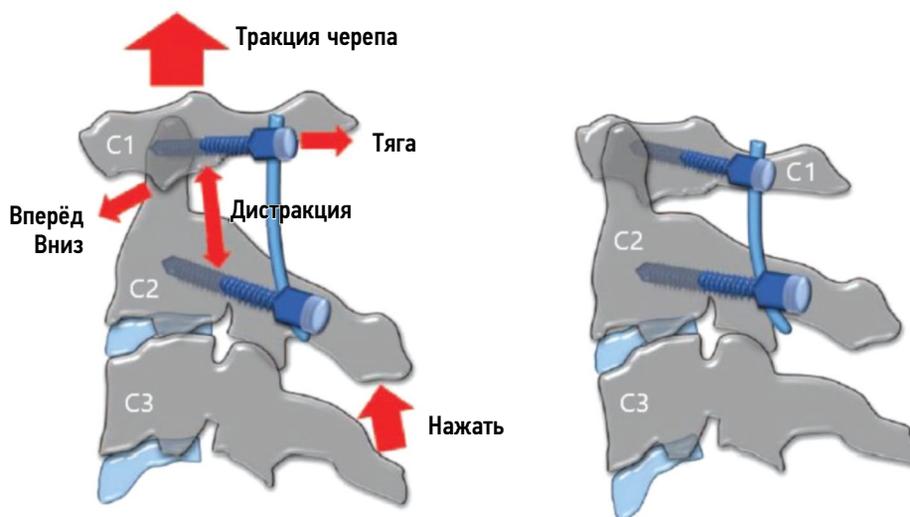


Рис. 6. Схема поэтапной комплексной редукции по J. Liu с соавт.
 Fig. 6. Scheme of staged complex reduction by J. Liu et al.

при выраженном грудном кифозе и aberrантном расположении позвоночной артерии [34, 35].

Задняя субламинарная проволоочная фиксация

Ранние хирургические техники с применением субламинарной проволоочной фиксации, описанные A.L. Brooks, E.B. Jenkins и W.E. Gallie, получили переменные результаты формирования спондилодеза [36, 37]. Биомеханически движения ограничены при использовании этих техник в разгибании (из-за распорки или костного трансплантата) и сгибании (из-за субламинарных спиц или трансартикулярных винтов). Большинство сторонников данного хирургического подхода рекомендуют послеоперационную галоиммобилизацию сроком на 3 месяца.

Для осуществления фиксации с использованием этих техник также требуется нормальная задняя дуга C_1 и C_{II} , что в случае врождённых аномалий часто не гарантируется [3].

С появлением трансартикулярной фиксации, возможности проведения полиаксиальных винтов через боковые массы C_1 и через *pars interarticularis* транспедикулярно в C_{II} и различных модификаций метода Harms и Melcher субламинарная проволоочная фиксация встречается всё реже.

Этот метод остаётся полезным инструментом в арсенале хирурга для формирования заднего спондилодеза C_1 - C_{II} в случаях aberrантного прохождения позвоночной артерии и в педиатрической практике [3].

Показания к формированию окципитоспондилодеза

Иногда возникает необходимость в формировании окципитоспондилодеза. Это увеличивает ограничение подвижности в шейном отделе позвоночника при сгибании, разгибании и вращении на 15–20 дополнительных градусов. Частота осложнений при этом методе также выше, в том числе внутрочерепной геморрагии, ликвореи, несостоятельности раны и инфекционных осложнений [3].

Показания к формированию окципитоспондилодеза у пациентов с зубовидной костью делятся на две категории: случаи, когда имеется нестабильный дистопический вариант зубовидной кости, и случаи, если имеется ассоциация с врождёнными воспалительными процессами и дегенеративными аномалиями, поражающими краниоцервикальный переход. Иногда компрессию создают тело осевого позвонка и зуб, а не зубовидная кость. В таких случаях более обширные операции аксиальной коррекции потребуют обязательного окципитоспондилодеза [3, 10].

Этот метод особенно применим в случаях, когда трансоральная хирургия использовалась для резекции зуба и тела C_{II} , а также при разрушении атлантаксиального

связочного аппарата, что способствовало развитию тяжёлой окципитоцервикальной нестабильности [3, 15, 21].

Эндоскопические доступы (трансоральный и эндоназальный)

A.H. Menezes в 2008 г. сообщил об обширном опыте использования трансорального доступа у 733 пациентов, из которых у 30 был дистопический вариант зубовидной кости. Расположенная на средней линии зубовидная кость особенно хорошо подходит для выполнения данного доступа [38].

С другой стороны, последовательный, пошаговый релиз передних структур при этом доступе позволяет выполнить редукцию фиксированной ранее деформации, устраняя необходимость в субтракционном манёвре. Эти шаги включают релиз *m. longus colli*, *m. longus capitis*, передней продольной связки, спаек C_1 - C_{II} сустава, передней дуги C_1 и, наконец, апикальной и крыловидных связок [3].

A.H. Шкарубо, A.A. Кулешов с соавт. в 2016 г. описали клинический случай пациента с редким сочетанием зубовидной кости с солитарной костной кистой второго шейного позвонка и самой зубовидной кости. Пациенту было выполнено многоэтапное оперативное лечение, включающее дорсальную стабилизацию в виде окципитоспондилодеза, трансоральное удаление кисты из тела C_{II} позвонка и последующее трансоральное удаление зубовидной кости с солитарной костной кистой [21].

Для выполнения передней декомпрессии путём резекции зубовидного отростка может использоваться эндоскопический эндоназальный доступ.

Впервые в мире эндоскопическое эндоназальное удаление инвагинированного зубовидного отростка позвонка C_{II} (одонтоидэктомия) выполнил в 2005 г. американский нейрохирург A. Kassam, а в России впервые подобная операция была выполнена A.H. Шкарубо в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко в 2010 г. (рис. 7) [22].

S. Magrini с соавт. в 2008 г. описали эндоскопическую эндоназальную одонтоидэктомию у пациента с синдромом Дауна, зубовидной костью и клиникой прогрессирующего тетрапареза с дыхательными нарушениями. Послеоперационный период протекал без осложнений. Через 2 месяца интенсивной физиотерапии отмечалось улучшение неврологической симптоматики в виде увеличения мышечной силы с 2 до 4 баллов и исчезновения дыхательных расстройств [39].

В качестве итога в вопросах хирургического лечения пациентов с зубовидной костью необходимо предоставить наибольший по количеству прооперированных лиц опыт исследователей из Китая Deng Zhao с соавт. (2015 г.). В исследование были включены 279 пациентов, которым проводилось оперативное лечение по поводу наличия зубовидной кости. Использовались различные

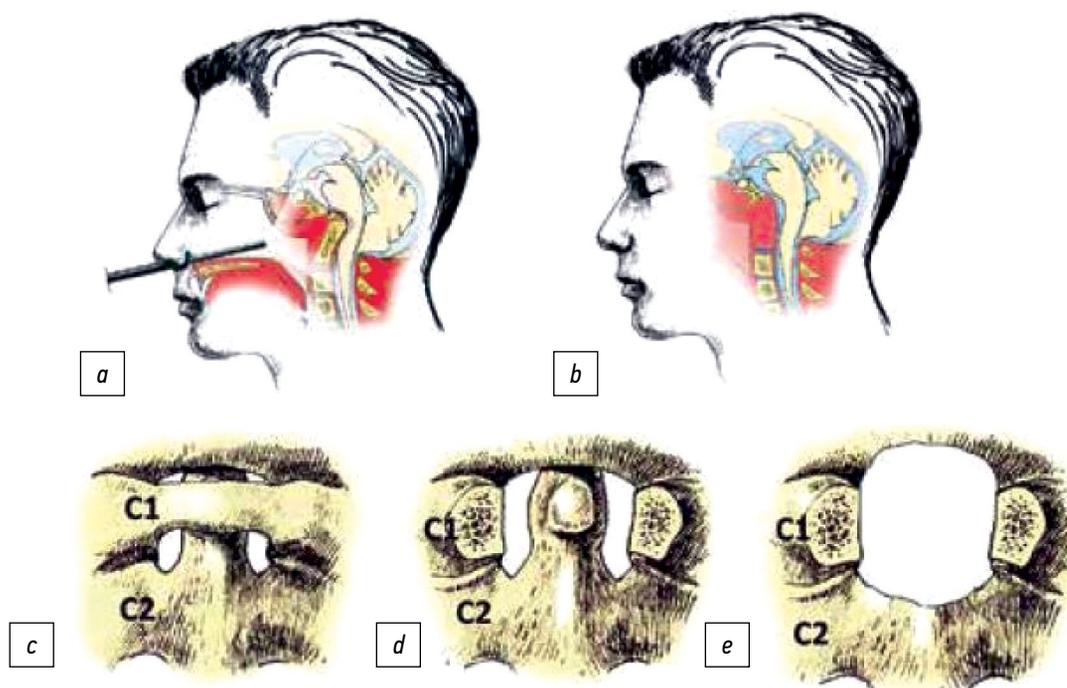


Рис. 7. *a* — схема эндоскопического эндоназального доступа и удаления зубовидного отростка C_{II} позвонка, *b* — состояние после эндоскопической трансназальной резекции инвагинированного зубовидного отростка и декомпрессии ствольных структур, *c* — костные структуры области краниовертебрального перехода, *d* — резекция переднего полукольца C_1 позвонка, *e* — резекция зубовидного отростка C_{II} позвонка, части тела C_{II} позвонка и нижних отделов ската.

Fig. 7. *a* — scheme of endoscopic endonasal approach and removal of the C_2 dens, *b* — condition after endoscopic transnasal resection of invaginated C_2 dens and decompression, *c* — CVJ bone structures, *d* — resection of the anterior half ring of the C_1 , *e* — resection of C_2 dens, part C_2 body and the lower parts of basion.

варианты дорсальной фиксации: трансартикулярная фиксация C_1 - C_{II} (модифицированная техника Magerl) выполнялась в 38 случаях, педикулярная винтовая фиксация (техника Goel и Harms) — в 202 случаях, окципитоспондилодез до уровня C_{II} — в 35 случаях, более продлённая фиксация окципитоспондилодеза до уровня C_{III} или C_{IV} — в 4 случаях. У 38 пациентов с невыправимыми вывихами в атлантаоаксиальных суставах в одну операционную сессию на первом этапе выполнялся трансоральный релиз.

Общая частота осложнений составила 2,4% (8 пациентов). В частности, они включали ликворею (1 пациент), инфекцию области оперативного вмешательства (4 пациента), пневмонию (2 пациента) и тромбоз глубоких вен нижней конечности (1 пациент). По результатам последующего наблюдения, у 217 пациентов (77,7%) отмечалось улучшение неврологического и физического статуса после операции. У 30 пациентов (10,8%) динамики в изменении статуса не наблюдалось. И ещё 32 пациента (11,5%) отмечали ухудшение.

Согласно результатам последующего обследования с применением лучевых методов исследования, костный блок сформировался у 270 пациентов (96,8%) в среднем через 5,7 месяца. У 9 пациентов (3,2%) отсутствовали признаки формирования костного блока, однако клинических проявлений не отмечалось, конструкция была

стабильна, и дальнейших ревизионных операций не потребовалось [40].

РЕЗЮМЕ

Для рационального предоперационного планирования в качестве дополнительных инструментов всё чаще используются компьютерная томографическая ангио- и миелография, на основе которых можно изготавливать 3D-биомодели и кастомизированные металлоимплантаты, что, в свою очередь, значительно повышает точность предоперационного планирования и улучшает результаты оперативного лечения [3].

Несмотря на то, что описаны случаи консервативного лечения пациентов с зубовидной костью, в настоящее время большинство авторов придерживаются мнения, что лица с данным пороком краниовертебральной области должны лечиться оперативно [1–3, 17].

Галотракция является важным инструментом для достижения редукции и сохранения стабильности на дооперационном этапе. Этот метод следует применять во всех случаях, когда существует неопределённость в отношении редукции зубовидного отростка [5, 10, 12].

Подходы к оперативному лечению пациентов с зубовидной костью также разнятся. В настоящее время предложено множество вариантов хирургического

лечения данной патологии, однако остаётся несомненным то, что универсальным компонентом в лечении пациентов с зубовидной костью является либо сохранение, либо достижение стабильности на уровне C_1 – C_{II} позвонков и, при необходимости, выполнение декомпрессии [41–43].

Для устранения передней компрессии можно использовать дорсальный доступ, но только в тех случаях, когда возможно вправление и спинной мозг на уровне краниовертебрального перехода не подвергается риску дополнительной компрессии. Во всех остальных случаях вентральной компрессии показано этапное хирургическое лечение в виде трансаральной декомпрессии в сочетании с задним спондилодезом. Существует множество методов для выполнения заднего спондилодеза, однако в настоящее время наиболее предпочтительным вариантом является методика Harms и Melcher с проведением полиаксиальных винтов через боковые массы C_1 и через *pars interarticularis* транспедикулярно в C_{II} с последующим выполнением корригирующего манёвра под рентген-контролем и фиксацией стержнями [10, 25, 40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зубовидная кость второго шейного позвонка является крайне редкой патологией краниовертебральной области, которая в значительной части случаев приводит к развитию грозных неврологических и функциональных осложнений. С учётом этого понимание подходов к курации и лечению данной группы пациентов является важным для врача травматолога-ортопеда в условиях как амбулатории, так и стационара. Современные подходы к предоперационному планированию и оперативному лечению, в свою очередь, должны быть известны и доступны широкому кругу хирургов-вертебрологов.

Несмотря на то, что существуют сообщения с описанием консервативных подходов к лечению пациентов с зубовидной костью, в настоящее время всё больше исследователей считают, что такие пациенты нуждаются в инструментальной фиксации.

Тем не менее всё ещё имеется потребность в индивидуальном подходе при оценке каждого из случаев с точки зрения как предоперационного планирования,

так и объёма оперативного вмешательства, выбора хирургического доступа, уровня фиксации. Тактика хирургического лечения должна быть выбрана в соответствии с подготовкой и оснащением хирургической бригады, показаниями для того или иного вида декомпрессии и, что немаловажно, пожеланиями пациента и его семьи.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: В.А. Шаров — сбор и анализ литературных источников, написание текста статьи; А.А. Кулешов — редактирование и написание текста статьи; А.Н. Шкарубо — редактирование текста статьи; М.С. Ветрилэ — редактирование текста статьи; И.Н. Лисянский — сбор литературных источников, редактирование текста статьи; С.Н. Макаров — сбор литературных источников, редактирование текста статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. V.A. Sharov — collection and analysis of literary sources, writing the text of the article; A.A. Kuleshov — editing and writing the text of the article; A.N. Shkarubo — editing the text of the article; M.S. Vetrile — editing the text of the article; I.N. Lisyansky — collecting literary sources, editing the text of the article; N.S. Makarov — collecting literary sources, editing the text of the article.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губин А.В., Ульрих Э.В. Синдромальный подход к ведению детей с пороками развития шейного отдела позвоночника // Хирургия позвоночника. 2010. № 3. С. 14–19. doi: 10.14531/ss2010.3.14-19
2. Губин А.В., Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю., Рябых С.О., Бурцев А.В., Анисимов А.Н., Дубонос Ю.В., Очирова П.В. Неполноценная вертебрология: шейный отдел позвоночника у детей // Хирургия позвоночника. 2013. № 3. С. 81–91. doi: 10.14531/ss2013.3.81-91
3. Arvin B., Fournier-Gosselin M.P., Fehlings M.G. Os odontoideum: etiology and surgical management // Neurosurgery. 2010. Vol. 66, № 3, Suppl. P. 22–31. doi: 10.1227/01.NEU.0000366113.15248.07
4. Clements W.D., Mezue W., Mathew B. Os odontoideum congenital or acquired? That's not the question // Injury. 1995. Vol. 26, № 9. P. 640–642. doi: 10.1016/0020-1383(95)00123-q
5. Dai L., Yuan W., Ni B., Jia L. Os odontoideum: etiology, diagnosis, and management // Surg Neurol. 2000. Vol. 53, № 2. P. 106–8; discussion 108–9. doi: 10.1016/s0090-3019(99)00184-6

6. Spierings E.L., Braakman R. The management of os odontoideum. Analysis of 37 cases // *J Bone Joint Surg Br.* 1982. Vol. 64, № 4. P. 422–8. doi: 10.1302/0301-620X.64B4.7096415
7. Fielding J.W., Hensinger R.N., Hawkins R.J. Os Odontoideum // *J Bone Joint Surg Am.* 1980. Vol. 62, № 3. P. 376–83.
8. Klimo P.Jr, Kan P., Rao G., Apfelbaum R., Brockmeyer D. Os odontoideum: presentation, diagnosis, and treatment in a series of 78 patients // *J Neurosurg Spine.* 2008. Vol. 9, № 4. P. 332–42. doi: 10.3171/SPI.2008.9.10.332
9. Helenius I.J., Bauer J.M., Verhofste B., Sponseller P.D., Krengel W.F., Hedequist D., Cahill P.J., Larson A.N., Pahys J.M., Anderson J.T., Martus J.E., Yaszay B., Phillips J.H. Os Odontoideum in Children: Treatment Outcomes and Neurological Risk Factors // *J Bone Joint Surg Am.* 2019. Vol. 101, № 19. P. 1750–1760. doi: 10.2106/JBJS.19.00314
10. Wu X., Wood K.B., Gao Y., Li S., Wang J., Ge T., Zhao B., Shao Z., Yang S., Yang C. Surgical strategies for the treatment of os odontoideum with atlantoaxial dislocation // *J Neurosurg Spine.* 2018. Vol. 28, № 2. P. 131–139. doi: 10.3171/2017.5.SPINE161211
11. Луцки А.А., Раткин И.К., Никитин М.Н. Краниовертебральные повреждения и заболевания. Новосибирск: Издатель, 1998. 551 с.
12. Кулешов А.А., Шкарубо А.Н., Еськин Н.А., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н., Пономаренко Г.П., Чернов И.В. Варианты хирургического лечения застарелых переломов зубовидного отростка С2 позвонка // *Хирургия позвоночника.* 2019. Т. 16, № 1. С. 16–24. doi: 10.14531/ss2019.1.16-24
13. List C.F. Neurologic syndromes accompanying developmental anomalies of occipital bone, atlas and axis // *Arch Neurol Psychiatr.* 1941. № 45. P. 577–616. doi: 10.1001/archneurpsyc.1941.02280160009001
14. Ветрилэ С.Т., Колесов С.В. Краниовертебральная патология. Москва: Медицина, 2007. 201–202 с.
15. Кулешов А.А., Шкарубо А.Н., Громов И.С., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н., Чернов И.В., Митрофанова Е.В., Пономаренко Г.П. Хирургическое лечение неопухолевых заболеваний краниовертебральной области // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2018. Т. 25, № 1. С. 36–41. doi: 10.32414/0869-8678-2018-1-36-41
16. Selman W.R., Spetzler R.F., Brown R. The use of intraoperative fluoroscopy and spinal cord monitoring for transoral microsurgical odontoid resection // *Clin Orthop Relat Res.* 1981. № 154. P. 51–6.
17. Хусаинов Н.О., Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н. Нестабильность краниовертебральной области у детей с синдромом Дауна // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2016. Т. 4, № 3. С. 71–77. doi: 10.17816/PTORS4371-77
18. Brecknell J.E., Malham G.M. Os odontoideum: report of three cases // *J Clin Neurosci.* 2008. Vol. 15, № 3. P. 295–301. doi: 10.1016/j.jocn.2006.07.022
19. D'Urso P.S., Williamson O.D., Thompson R.G. Biomodeling as an aid to spinal instrumentation // *Spine (Phila Pa 1976).* 2005. Vol. 30, № 24. P. 2841–5. doi: 10.1097/01.brs.0000190886.56895.3d
20. Taggard D.A., Menezes A.H., Ryken T.C. Treatment of Down syndrome-associated craniovertebral junction abnormalities // *J Neurosurg.* 2000. Vol. 93, № 2, Suppl. P. 205–13. doi: 10.3171/spi.2000.93.2.0205
21. Шкарубо А.Н., Кулешов А.А., Семёнова Л.А., Шишкина Л.В., Швец В.В., Ветрилэ М.С., Громов И.С., Маршаков В.В., Чернов И.В. Хирургическое лечение кист кости ската черепа и аксиса // *Вопросы нейрохирургии.* 2016. Т. 80, № 1. С. 88–97. doi: 10.17116/neiro201680188-97
22. Шкарубо А.Н. Атлас эндоскопической эндоназальной хирургии основания черепа и краниовертебрального сочленения. Москва: АБВ-пресс, 2020. С. 208–209.
23. Goel A., Desai K.I., Muzumdar D.P. Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients // *Neurosurgery.* 2002. Vol. 51, № 6. P. 1351–6; discussion 1356–7.
24. Goel A., Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation // *Acta Neurochir (Wien).* 1994. Vol. 129, № 1–2. P. 47–53. doi: 10.1007/BF01400872
25. Harms J., Melcher R.P. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation // *Spine (Phila Pa 1976).* 2001. Vol. 26, № 22. P. 2467–71. doi: 10.1097/00007632-200111150-00014
26. Al-Barbarawi M., Sekhon L.H. Protection of the C1 posterior arch in atlantal lateral mass fixation: technical case report // *J Clin Neurosci.* 2005. Vol. 12, № 1. P. 59–61. doi: 10.1016/j.jocn.2004.03.006
27. Magerl F., Seemann P.S. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P., Weidner A., editors. *Cervical Spine.* Vol. 1. Springer; Strassbourg; Wien; New York, 1985. P. 322–327.
28. Dickman C.A., Sonntag V.K. Posterior C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis // *Neurosurgery.* 1998. Vol. 43, № 2. P. 275–80; discussion 280–1. doi: 10.1097/00006123-199808000-00056
29. Madawi A.A., Casey A.T., Solanki G.A., Tuite G., Veres R., Crockard H.A. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique // *J Neurosurg.* 1997. Vol. 86, № 6. P. 961–8. doi: 10.3171/jns.1997.86.6.0961
30. Paramore C.G., Dickman C.A., Sonntag V.K. The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation // *J Neurosurg.* 1996. Vol. 85, № 2. P. 221–4. doi: 10.3171/jns.1996.85.2.0221
31. Liu J., Zhu L.J., Jiang E.Z., Bao X.G., Hu B., Niu D.Y., Xu G.H. C1-C2 pedicle screw fixation for adolescent with os odontoideum associated atlantoaxial dislocation and a compound reduction technique for irreducible atlantoaxial dislocation // *Chin Med J (Engl).* 2019. Vol. 132, № 10. P. 1253–1256. doi: 10.1097/CM9.0000000000000224
32. Barbour J.R. Screw fixation in fracture of the odontoid process // *S Aust Clin.* 1971. № 5. P. 20.
33. Li W.L., Chi Y.L., Xu H.Z., Wang X.Y., Lin Y., Huang Q.S., Mao F.M. Percutaneous anterior transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a case series // *J Bone Joint Surg Br.* 2010. Vol. 92, № 4. P. 545–9. doi: 10.1302/0301-620X.92B4.22790
34. Wu A.M., Wang X.Y., Zhou F., Zhang X.L., Xu H.Z., Chi Y.L. Percutaneous atlantoaxial anterior transarticular screw fixation combined with mini-open posterior C1/2 wire fusion for patients with a high-riding vertebral artery // *J Spinal Cord Med.* 2016. Vol. 39, № 2. P. 234–9. doi: 10.1179/2045772314Y.00000000298
35. Kim S.M., Lim T.J., Paterno J., Hwang T.J., Lee K.W., Balabhadra R.S., Kim D.H. Biomechanical comparison of anterior and posterior stabilization methods in atlantoaxial instability // *J Neurosurg.* 2004. Vol. 100, № 3, Suppl. P. 277–83. doi: 10.3171/spi.2004.100.3.0277
36. Brooks A.L., Jenkins E.B. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method // *J Bone Joint Surg Am.* 1978. Vol. 60, № 3. P. 279–84.
37. Gallie W.E. Fracture and dislocations of the cervical spine // *Am J Surg.* 1939. № 46. P. 495–499.

38. Menezes A.H. Craniovertebral junction database analysis: incidence, classification, presentation, and treatment algorithms // *Childs Nerv Syst.* 2008. Vol. 24, № 10. P. 1101–8. doi: 10.1007/s00381-008-0605-9

39. Magrini S., Pasquini E., Mazzatenta D., Mascari C., Galassi E., Frank G. Endoscopic endonasal odontoidectomy in a patient affected by Down syndrome: technical case report // *Neurosurgery.* 2008. Vol. 63, № 2. P. E373–4; discussion E374. doi: 10.1227/01.NEU.0000315285.84524.74

40. Zhao D., Wang S., Passias P.G., Wang C. Craniovertebral instability in the setting of os odontoideum: assessment of cause, presentation, and surgical outcomes in a series of 279 cases // *Neurosurgery.* 2015. Vol. 76, № 5. P. 514–21. doi: 10.1227/NEU.0000000000000668

41. Павлова О.М., Бурцев А.В., Губин А.В., Рябых С.О. Задняя инструментальная фиксация шейного отдела позвоночника у детей: опыт лечения // *Хирургия позвоночника.* 2017. Т. 14, № 4. С. 27–31. doi: 10.14531/ss2017.4.27-31

42. Рябых С.О., Очинова П.В., Губин А.В., Колесов С.В., Колбовский Д.А., Третьякова А.Н., Рябых Т.В., Медведева С.Н., Савин Д.М., Бурцев А.В., Сайфутдинов М.С. Вертебральный синдром при различных типах мукополисахаридоза: особенности клиники и лечения // *Хирургия позвоночника.* 2019. Т. 16, № 2. С. 81–91. doi: 10.14531/ss2019.2.81-91

43. Hadley M.N., Walters B.C., Grabb P.A., Oyesiku N.M., Przybylski G.J., Resnick D.K., Ryken T.C. Os odontoideum // *Neurosurgery.* 2002. Vol. 50, № 3, Suppl. P. S148–55. doi: 10.1097/00006123-200203001-00023

REFERENCES

- Gubin AV, Ulrikh EV. Syndrome approach to the treatment of children with cervical spine abnormalities. *Spine Surgery.* 2010;(3):014–19. (In Russ). doi: 10.14531/ss2010.3.14-19
- Gubin AV, Ulrikh EV, Mushkin AY, Ryabykh SO, Burtsev AV, Anisimov AN, Dubonosov YuV, Ochirova PV. Emergency vertebralogy: cervical spine in children. *Spine Surgery.* 2013;(3):81–91. (In Russ). doi: 10.14531/ss2013.3.81-91
- Arvin B, Fournier-Gosselin MP, Fehlings MG. Os odontoideum: etiology and surgical management. *Neurosurgery.* 2010;66(3 Suppl):22–31. doi: 10.1227/01.NEU.0000366113.15248.07
- Clements WD, Mezue W, Mathew B. Os odontoideum congenital or acquired? That's not the question. *Injury.* 1995;26(9):640–642. doi: 10.1016/0020-1383(95)00123-q
- Dai L, Yuan W, Ni B, Jia L. Os odontoideum: etiology, diagnosis, and management. *Surg Neurol.* 2000;53(2):106–8; discussion 108–9. doi: 10.1016/s0090-3019(99)00184-6
- Spierings EL, Braakman R. The management of os odontoideum. Analysis of 37 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1982;64(4):422–8. doi: 10.1302/0301-620X.64B4.7096415
- Fielding JW, Hensinger RN, Hawkins RJ. Os Odontoideum. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(3):376–83.
- Klimo PJr, Kan P, Rao G, Apfelbaum R, Brockmeyer D. Os odontoideum: presentation, diagnosis, and treatment in a series of 78 patients. *J Neurosurg Spine.* 2008;9(4):332–42. doi: 10.3171/SPI.2008.9.10.332
- Helenius IJ, Bauer JM, Verhofste B, Sponseller PD, Kregel WF, Hedequist D, Cahill PJ, Larson AN, Pahys JM, Anderson JT, Martus JE, Yaszay B, Phillips JH. Os Odontoideum in Children: Treatment Outcomes and Neurological Risk Factors. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101(19):1750–1760. doi: 10.2106/JBJS.19.00314
- Wu X, Wood KB, Gao Y, Li S, Wang J, Ge T, Zhao B, Shao Z, Yang S, Yang C. Surgical strategies for the treatment of os odontoideum with atlantoaxial dislocation. *J Neurosurg Spine.* 2018;28(2):131–139. doi: 10.3171/2017.5.SPINE161211
- Lutsik AA, Ratkin IK, Nikitin MN. *Craniovertebral injuries and diseases.* Novosibirsk: Publisher; 1998. 551 p. (In Russ).
- Kuleshov AA, Shkarubo AN, Eskin NA, Vetrile MS, Lisyansky IN, Makarov SN, Ponomarenko GP, Chernov IV. Options for surgical treatment of chronic C2 odontoid fractures. *Spine Surgery.* 2019;16(1):16–24. (In Russ). doi: 10.14531/ss2019.1.16-24
- List CF. Neurologic syndromes accompanying developmental anomalies of occipital bone, atlas and axis. *Arch Neurol Psychiatr.* 1941;(45):577–616. doi: 10.1001/archneurpsyc.1941.02280160009001
- Vetrile ST, Kolesov SV. *Craniovertebral pathology.* Moscow: Medicine; 2007. 201–202 p. (In Russ).
- Kuleshov AA, Shkarubo AN, Gromov IS, Vetrile MS, Lisyansky IN, Makarov SN, Chernov IV, Mitrofanova EV, Ponomarenko GP. Surgical treatment of non-tumor diseases of the craniovertebral region. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2018;25(1):36–41. (In Russ). doi: 10.32414/0869-8678-2018-1-36-41
- Selman WR, Spetzler RF, Brown R. The use of intraoperative fluoroscopy and spinal cord monitoring for transoral microsurgical odontoid resection. *Clin Orthop Relat Res.* 1981;(154):51–6.
- Khusainov NO, Vissarionov SV, Kokushin DN. Instability of the craniovertebral region in children with Down syndrome *Orthopedics, traumatology and reconstructive surgery of childhood.* 2016;4(3):71–77. (In Russ). doi: 10.17816/PTORS4371-77
- Brecknell JE, Malham GM. Os odontoideum: report of three cases. *J Clin Neurosci.* 2008;15(3):295–301. doi: 10.1016/j.jocn.2006.07.022
- D'Urso PS, Williamson OD, Thompson RG. Biomechanical modeling as an aid to spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(24):2841–5. doi: 10.1097/01.brs.0000190886.56895.3d
- Taggard DA, Menezes AH, Ryken TC. Treatment of Down syndrome-associated craniovertebral junction abnormalities. *J Neurosurg.* 2000;93(2 Suppl):205–13. doi: 10.3171/spi.2000.93.2.0205
- Shkarubo AN, Kuleshov AA, Semenova LA, Shishkina LV, Shvets VV, Vetrile MS, Gromov IS, Marshakov VV, Chernov IV. Surgical treatment of bone cysts of the skull slope and axis. *Zh Vopr Neurokhir.* 2016;80(1):88–97. (In Russ). doi: 10.17116/neiro201680188-97
- Shkarubo AN. *Atlas of endoscopic endonasal surgery of the skull base and craniovertebral articulation.* Moscow: ABC Press; 2020. 208–209 p. (In Russ).
- Goel A, Desai KI, Muzumdar DP. Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients. *Neurosurgery.* 2002;51(6):1351–6; discussion 1356–7.
- Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlantoaxial subluxation. *Acta Neurochir (Wien).* 1994;129(1–2):47–53. doi: 10.1007/BF01400872
- Harms J, Melcher RP. Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(22):2467–71. doi: 10.1097/00007632-200111150-00014
- Al-Barbarawi M, Sekhon LH. Protection of the C1 posterior arch in atlantal lateral mass fixation: technical case report. *J Clin Neurosci.* 2005;12(1):59–61. doi: 10.1016/j.jocn.2004.03.006

27. Magerl F, Seemann PS. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Weidner A, editors. *Cervical Spine*. Vol. 1. Springer, Strassbourg, Wien, New York; 1985. 322–327 p.
28. Dickman CA, Sonntag VK. Posterior C1–C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. *Neurosurgery*. 1998;43(2):275–80; discussion 280–1. doi: 10.1097/00006123-199808000-00056
29. Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, Tuite G, Veres R, Crockard HA. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *J Neurosurg*. 1997;86(6):961–8. doi: 10.3171/jns.1997.86.6.0961
30. Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK. The anatomical suitability of the C1–2 complex for transarticular screw fixation. *J Neurosurg*. 1996;85(2):221–4. doi: 10.3171/jns.1996.85.2.0221
31. Liu J, Zhu LJ, Jiang EZ, Bao XG, Hu B, Niu DY, Xu GH. C1–C2 pedicle screw fixation for adolescent with os odontoideum associated atlantoaxial dislocation and a compound reduction technique for irreducible atlantoaxial dislocation. *Chin Med J (Engl)*. 2019;132(10):1253–1256. doi: 10.1097/CM9.0000000000000224
32. Barbour JR. Screw fixation in fracture of the odontoid process. *S Aust Clin*. 1971;(5):20.
33. Li WL, Chi YL, Xu HZ, Wang XY, Lin Y, Huang QS, Mao FM. Percutaneous anterior transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a case series. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(4):545–9. doi: 10.1302/0301-620X.92B4.22790
34. Wu AM, Wang XY, Zhou F, Zhang XL, Xu HZ, Chi YL. Percutaneous atlantoaxial anterior transarticular screw fixation combined with mini-open posterior C1/2 wire fusion for patients with a high-riding vertebral artery. *J Spinal Cord Med*. 2016;39(2):234–9. doi: 10.1179/2045772314Y.0000000298
35. Kim SM, Lim TJ, Paterno J, Hwang TJ, Lee KW, Balabhadra RS, Kim DH. Biomechanical comparison of anterior and posterior stabilization methods in atlantoaxial instability. *J Neurosurg*. 2004;100(3 Suppl Spine):277–83. doi: 10.3171/spi.2004.100.3.0277
36. Brooks AL, Jenkins EB. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am*. 1978;60(3):279–84.
37. Gallie WE. Fracture and dislocations of the cervical spine. *Am J Surg*. 1939;(46):495–499.
38. Menezes AH. Craniovertebral junction database analysis: incidence, classification, presentation, and treatment algorithms. *Childs Nerv Syst*. 2008;24(10):1101–8. doi: 10.1007/s00381-008-0605-9
39. Magrini S, Pasquini E, Mazzatenta D, Mascari C, Galassi E, Frank G. Endoscopic endonasal odontoidectomy in a patient affected by Down syndrome: technical case report. *Neurosurgery*. 2008;63(2):E373–4; discussion E374. doi: 10.1227/01.NEU.0000315285.84524.74
40. Zhao D, Wang S, Passias PG, Wang C. Craniocervical instability in the setting of os odontoideum: assessment of cause, presentation, and surgical outcomes in a series of 279 cases. *Neurosurgery*. 2015;76(5):514–21. doi: 10.1227/NEU.0000000000000668
41. Pavlova OM, Burtsev AV, Gubin AV, Ryabykh SO. Posterior instrumental fixation of the cervical spine in children: treatment experience. *Spine Surgery*. 2017;14(4):27–31. (In Russ). doi: 10.14531/ss2017.4.27-31
42. Ryabykh SO, Ochirova PV, Gubin AV, Kolesov SV, Kolbovsky DA, Tretyakova AN, Ryabykh TV, Medvedeva SN, Savin DM, Burtsev AV, Sayfutdinov MS. Vertebral syndrome in various types of mucopolysaccharidosis: features of the clinic and treatment. *Spine Surgery*. 2019;16(2):81–91. (In Russ). doi: 10.14531/ss2019.2.81-91
43. Hadley MN, Walters BC, Grabb PA, Oyesiku NM, Przybylski GJ, Resnick DK, Ryken TC. Os odontoideum. *Neurosurgery*. 2002;50(3 Suppl):S148–55. doi: 10.1097/00006123-200203001-00023

ОБ АВТОРАХ

Кулешов Александр Алексеевич, д.м.н.;

ORCID: 0000-0002-9526-8274;

eLibrary SPIN: 7052-0220;

e-mail: cito-spine@mail.ru

Шкарубо Алексей Николаевич, д.м.н.,

ведущий научный сотрудник;

ORCID: 0000-0003-3445-3115;

eLibrary SPIN: 3420-3394;

e-mail: ashkarubo@nsi.ru

* **Шаров Владислав Андреевич**,

врач травматолог-ортопед;

адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;

ORCID: 0000-0002-0801-0639;

eLibrary SPIN: 8062-9216;

e-mail: sharov.vlad397@gmail.com

Ветрилэ Марчел Степанович, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: 0000-0001-6689-5220;

eLibrary SPIN: 9690-5117;

e-mail: vetrilams@cito-priorov.ru

AUTHORS' INFO

Alexander A. Kuleshov, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-9526-8274;

eLibrary SPIN: 7052-0220;

e-mail: cito-spine@mail.ru

Alexey N. Shkarubo, MD, Dr. Sci. (Med.),

leading researcher;

ORCID: 0000-0003-3445-3115;

eLibrary SPIN: 3420-3394;

e-mail: ashkarubo@nsi.ru

* **Vladislav A. Sharov**,

traumatologist-orthopedist;

address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;

ORCID: 0000-0002-0801-0639;

eLibrary SPIN: 8062-9216;

e-mail: sharov.vlad397@gmail.com

Marchel S. Vetrile, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: 0000-0001-6689-5220;

eLibrary SPIN: 9690-5117;

e-mail: vetrilams@cito-priorov.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Лисянский Игорь Николаевич, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;
ORCID: 0000-0002-2479-4381;
eLibrary SPIN: 9845-1251;
e-mail: lisigornik@list.ru

Макаров Сергей Николаевич, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;
ORCID: 0000-0003-0406-1997;
eLibrary SPIN: 2767-2429;
e-mail: moscow.makarov@gmail.com

Igor N. Lisyansky, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;
ORCID: 0000-0002-2479-4381;
eLibrary SPIN: 9845-1251;
e-mail: lisigornik@list.ru

Sergey N. Makarov, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;
ORCID: 0000-0003-0406-1997;
eLibrary SPIN: 2767-2429;
e-mail: moscow.makarov@gmail.com