

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321930>

# Сравнительный анализ эндоскопической трансназальной и микрохирургической трансоральной одонтоидэктомии: обзор литературы и собственный опыт

А.Н. Шкарубо<sup>1,2</sup>, А.Г. Назаренко<sup>3</sup>, И.В. Чернов<sup>1</sup>, Д.Н. Андреев<sup>1</sup>, А.А. Кулешов<sup>3</sup>,  
Н.А. Коновалов<sup>1</sup>, И.Н. Лисянский<sup>3</sup>, М.Е. Синельников<sup>4</sup>

<sup>1</sup> НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко, Москва, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Российская Федерация;

<sup>3</sup> НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

<sup>4</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В случае передней компрессии стволых структур инвагинированным зубовидным отростком показано выполнение одонтоидэктомии, которую в настоящее время возможно проводить как трансоральным микрохирургическим, так и трансназальным эндоскопическим доступом.

**Цель.** Провести сравнительный анализ эндоскопической трансназальной и микрохирургической трансоральной одонтоидэктомии, выполненных первым автором работы.

**Материалы и методы.** Проанализированы результаты лечения 29 пациентов с патологическими состояниями, включающими переднюю компрессию стволых структур инвагинированным зубовидным отростком. Из 29 пациентов 5 (17%) человек оперированы трансназально эндоскопически, 24 (83%) — трансорально микрохирургически.

**Результаты.** Во всех случаях (100%) удалось достичь декомпрессии стволых структур. Отсутствие необходимости в установке трахеостомы перед операцией и меньший объем травмы ротоглотки позволяют пациентам, подвергшимся трансназальному удалению зубовидного отростка, переносить послеоперационный период легче и быстрее.

**Заключение.** В настоящее время эндоскопический трансназальный доступ постепенно замещает трансоральный у ряда пациентов, которым показана передняя одонтоидэктомия. При этом анализ данных литературы отображает всё более глубокое развитие этой методики, однако однозначных показаний к применению трансорального или трансназального доступа в настоящее время не сформулировано.

**Ключевые слова:** удаление зубовидного отростка; трансоральная хирургия; эндоскопическая трансназальная одонтоидэктомия; эндоскопия.

## Как цитировать:

Шкарубо А.Н., Назаренко А.Г., Чернов И.В., Андреев Д.Н., Кулешов А.А., Коновалов Н.А., Лисянский И.Н., Синельников М.Е. Сравнительный анализ эндоскопической трансназальной и микрохирургической трансоральной одонтоидэктомии: обзор литературы и собственный опыт // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 1. С. 41–61. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321930>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321930>

# Comparative analysis of endoscopic transnasal and microsurgical transoral odontoidectomy: Literature review and own experience

Aleksey N. Shkarubo<sup>1,2</sup>, Anton G. Nazarenko<sup>3</sup>, Ilya V. Chernov<sup>1</sup>, Dmitriy N. Andreev<sup>1</sup>, Aleksandr A. Kuleshov<sup>3</sup>, Nikolay A. Konovalov<sup>1</sup>, Igor N. Lisyansky<sup>3</sup>, Mikhail E. Sinelnikov<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation;

<sup>3</sup> Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation;

<sup>4</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Odontoidectomy is indicated in the case of anterior compression of brainstem structures by an invaginated dentoid process, and it is currently possible to perform both transoral microsurgical and transnasal endoscopic access.

**OBJECTIVE:** To conduct a comparative analysis of endoscopic transnasal and microsurgical transoral odontoidectomy performed by the first author.

**MATERIALS AND METHODS:** The treatment results of 29 patients with pathological conditions, including anterior compression of stem structures with an invaginated dentoid process, were analyzed. Of 29 patients, 5 (17%) underwent surgery transnasally endoscopically, and 24 (83%) underwent surgery transorally microsurgically.

**RESULTS:** Decompression of brainstem structures was achieved in all cases. The absence of the need to install a tracheostomy before surgery and the smaller volume of oropharyngeal trauma allow patients to undergo transnasal removal of the dentoid process and endure the postoperative period easier and faster.

**CONCLUSION:** Currently, endoscopic transnasal access is gradually replacing transoral access in certain patients who are indicated for anterior odontoidectomy. Moreover, the literature analysis shows an ever deeper development of this technique; however, unambiguous indications of the use of transoral or transnasal access have not been formed at present.

**Keywords:** odontoid process removal; transoral surgery; endoscopic transnasal odontoidectomy; endoscopy.

## To cite this article:

Shkarubo AN, Nazarenko AG, Chernov IV, Andreev DN, Kuleshov AA, Konovalov NA, Lisyanskiy IN, Sinelnikov ME. Comparative analysis of endoscopic transnasal and microsurgical transoral odontoidectomy: Literature review and own experience. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(1):41–61. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321930>

## ВВЕДЕНИЕ

Краниовертебральный переход (КВП) является сложной переходной зоной между черепом и шейным отделом позвоночника, которая обеспечивает устойчивость и движение головы и включает такие структуры, как затылочная кость, позвонки  $C_1$  и  $C_{II}$ , связочный аппарат и сосудисто-нервные структуры [1, 2]. КВП отвечает за 50% вращательных движений шеи (в основном на уровне позвонков  $C_1$ – $C_{II}$ ) и обеспечивает  $30^\circ$  сгибание и разгибание шейного отдела позвоночника [3]. Патологические процессы области КВП являются крайне трудными как для диагностики, так и для хирургического лечения. Это обусловлено высокой концентрацией критически важных структур (таких как ствол головного мозга, магистральные артерии, черепные и спинномозговые нервы) в относительно небольшом объёме костных и мягкой тканей.

В случае передней компрессии стволовых структур инвагинированным зубовидным отростком, что может встречаться при различных аномалиях развития или травмах [4–6], показано выполнение одонтоидэктомии, которую в настоящее время возможно выполнять как трансоральным микрохирургическим, так и трансназальным эндоскопическим доступом. Первый вариант лечения широко представлен в литературе, подробно описаны

технические особенности операции и её возможные осложнения [7–9].

Эндоскопическая трансназальная одонтоидэктомия была описана А. Kassam [10]. В России впервые подобная операция была произведена в 2010 году (когда в мире было описано всего около 10 подобных случаев) [11]. К настоящему времени наиболее часто применяют парасептальный трансхоанный доступ с трепанацией задних отделов перегородки носа, и некоторые авторы описывают применение субмукозного субпериостального доступа [12–14]. Самая большая серия из 34 подобных операций представлена N.T. Zwagerman и соавт. в 2018 году [15]. Число публикаций с описанием использования эндоскопического трансназального доступа для одонтоидэктомии неуклонно растёт с 2005 года, что подтверждается проведённым N. Aldahak в 2017 году метаанализом и объясняется меньшей травматичностью этого доступа и меньшим количеством осложнений в послеоперационном периоде [16]. Большинство публикаций, представленных в мировой литературе, включает 1–3 клинических наблюдений, а общее их число составляет не более 320 пациентов (табл. 1).

**Цель исследования** — провести сравнительный анализ эндоскопической трансназальной и микрохирургической трансоральной одонтоидэктомии, выполненных первым автором работы.

**Таблица 1.** Мировой опыт эндоскопической трансназальной одонтоидэктомии

**Table 1.** World experience in endoscopic transnasal odontoidectomy

Автор	Год	Число пациентов	Стабилизация	Осложнения
A. Simal-Julián [17]	2021	1	ОСД	Нет
C. Zoia [18]	2021	1	ОСД	Нет
J. Falco [19]	2021	1	ОСД	Нет
R.S. Heller [20]	2021	7	ОСД/ $C_1$ – $C_{II}$	Нет
H.N. Algattas [21]	2021	1	Нет	Нет
J.K. Liu [22]	2021	1	ОСД	Нет
N.R. London Jr. [23]	2021	1	ОСД	Нет
P. Veiceschi [24]	2021	1	Нет	Нет
Q. Husain [25]	2020	30	ОСД	Дисфагия, асфиксия
E. Grose [26]	2020	17	ОСД	Дисфагия, синус-инфекция, носовое кровотечение, дисфункция каудальных черепных нервов
V.M. Butenschoen [27]	2020	19	$C_1$ – $C_{II}$	1 летальный исход (остеомиелит), дисфагия, асфиксия
M.-Y. Yeh [28]	2019	13	ОСД	Ликворея
T. Ogiwara [29]	2019	1	ОСД	Нет
A.F. Alalade [30]	2019	7	ОСД	Нет
P. Pacca [31]	2019	1	$C_1$ – $C_{II}$	Нет
M. Vitali [32]	2019	1	Нет	Нет
R.V. Abbritti [33]	2019	4	ОСД	Нет
M. Ottenhausen [34]	2018	14	ОСД	Нет

Таблица 1. Окончание

Table 1. Table ending

Автор	Год	Число пациентов	Стабилизация	Осложнения
A. Grin [35]	2018	1	ОСД	Нет
S. Aldea [36]	2018	12	ОСД	Нет
N. Zwagerman [15]	2018	34	ОСД	Велофарингеальная недостаточность, дисфагия, недостаточность каудальных черепных нервов
D. Tang [37]	2018	1	ОСД	Нет
I. Hussain [38]	2018	1	ОСД	Нет
R. Herrera [39]	2018	1	ОСД	Нет
Z. Rossini [40]	2018	5	ОСД	Нет
M. Iacoangeli [41]	2018	7	Передняя C <sub>I</sub> -C <sub>II</sub>	Нет
H. Singh [42]	2018	4	ОСД	Нет
M.A. Sexton [43]	2018	5	н/д	Асфиксия
S. Chibbaro [44]	2017	14	ОСД	Нет
F. Zenga [45]	2016	12	ОСД	Нет
V.R. Kshetry [13]	2016	1	ОСД	Нет
F. Zenga [46]	2015	1	Нет	Нет
T.C. Burns [47]	2015	2	ОСД	Нет
M. Zoli [48]	2015	2	ОСД	Нет
G. Kahilogullari [49]	2015	1	ОСД	Ликворея
E. La Corte [50]	2015	6	ОСД	Нет
N.S. Chaudhry [51]	2015	1	Нет	Нет
T. Goldschlager [52]	2015	9	ОСД	Носовое кровотечение
J. Duntze [53]	2014	9	ОСД	Нет
Y.S. Yen [54]	2014	13	ОСД	Ликворея
O. Choudhri [55]	2014	5	ОСД	Велофарингеальная недостаточность
D. Mazzatenta [56]	2014	5	ОСД	Нет
T. Nagpal [57]	2013	1	н/д	Нет
F. Zenga [58]	2013	1	ОСД	Нет
M. Iacoangeli [59]	2013	3	Нет	Нет
Y. Yu [60]	2013	3	ОСД	Ликворея
R.B. Rawal [61]	2013	1	ОСД	Нет
A.J. Patel [62]	2012	1	ОСД	Нет
M. Gladi [63]	2012	4	ОСД/нет	Нет
A. Grammatica [64]	2011	1	ОСД	Нет
J.F. Cornelius [65]	2011	1	ОСД	Нет
F. Scholtes [66]	2011	1	Нет	Нет
I.H. El-Sayed [67]	2011	8	н/д	н/д
J. Gempt [68]	2011	3	ОСД	Нет
A. Shkarubo [69]	2020	4	ОСД	Ликворея
S. Magrini [70]	2008	1	Задняя фиксация костным графтом	Нет
J.-C. Wu [71]	2008	3	ОСД	Нет
J. Nayak [72]	2007	9	ОСД	Велофарингеальная недостаточность
A. Kassam [10]	2005	1	ОСД	Нет

Примечание. ОСД — окципитоспондилодез, н/д — нет данных.

Note. ОСД — occipitospodylodesis, н/д — no data.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено ретроспективное когортное исследование.

### Критерии соответствия

*Критерием включения* пациентов в исследование стала одонтоидэктомия, проведённая либо эндоскопическим трансназальным (основная группа), либо микрохирургическим трансоральным доступом (контрольная группа).

*Критерии невключения:* отсутствуют.

### Условия проведения

Исследование проводили в 2 центрах: в период с 2010 по 2020 гг. — во ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» (Москва), в период с 2004 по 2018 гг. — в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (Москва).

### Методы оценки целевых показателей

В единой электронной базе данных, созданной в Microsoft Excel (Microsoft, США), фиксировали такие показатели, как пол, возраст, характер патологии, клиническая картина заболевания, рентгенологические особенности, характер проведённого лечения и его особенности, клинические и рентгенологические исходы.

### Этическая экспертиза

Ввиду ретроспективного характера исследования этическую экспертизу не проводили.

### Статистический анализ

Статистический анализ полученных данных выполняли с помощью программы Statistica v. 10 (StatSoft Inc., США). Проводили сравнение различных показателей хирургического лечения групп пациентов: продолжительность операции, степень декомпрессии стволовых структур, объём кровопотери, сроки госпитализации и др.

Задачи оценки статистической значимости различий в распределениях категориальных и бинарных признаков в группах решали посредством критерия  $\chi^2$  и точного теста Фишера. Для числовых показателей различия оценивали при помощи  $U$ -критерия Манна–Уитни, поскольку критерий Шапиро–Уилка и тест Колмогорова–Смирнова показали, что непрерывные показатели распределены ненормально. Результаты тестирования статистических гипотез признавали статистически значимыми при уровне значимости  $p < 0,05$ .

Для решения задач также были использованы методы описательной статистики. Данные представлены в формате среднее ( $M$ )  $\pm$  стандартное отклонение ( $SD$ ) для нормально распределённых случайных величин и медианы ( $Me$ ) и квартилей — для случайных величин, распределение которых отличается от нормального.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники (объекты) исследования

Нами проанализированы результаты лечения 29 пациентов. В 1-ю группу вошли 5 человек с аномалиями развития КВП: инвагинацией зубовидного отростка с или без базиллярной импрессии. В 1 случае заболевание сопровождалось формированием сиригмиелитической кисты на уровне позвонков  $C_{III}$ – $Th_{III}$ , ещё в 1 случае — аномалией Арнольда–Киари, миндалики мозжечка были опущены на 19 мм ниже линии Чемберлена. Пациенты, вошедшие в эту группу, были прооперированы на базе 8-го нейрохирургического отделения (базальные опухоли) ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко». Операции проводили с использованием эндоскопического эндоназального доступа.

Для сравнения проанализирована 2-я (контрольная) группа пациентов из 24 человек с аномалиями развития, включающими инвагинацию зубовидного отростка, или с приобретённой компрессией стволовых структур инвагинированным зубовидным отростком (рис. 1). Пациентов этой группы оперировали с 2007 по 2020 год во ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» и ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» трансоральным микрохирургическим доступом.

Анализировали следующие показатели: демографические данные, нозологическая единица, клиническая симптоматика и её динамика в послеоперационном периоде, особенности и объём операции, развитие осложнений, особенности ведения пациентов в послеоперационном периоде.

Среди пациентов 1-й группы было 4 женщины и 1 мужчина в возрасте от 22 до 60 лет (медиана возраста 51 год). В контрольную группу вошли 12 мужчин и 12 женщин в возрасте от 11 до 60 лет (медиана возраста 33,5 года). Разница в распределении больных по полу статистически не значима ( $p > 0,05$ , точный критерий Фишера).

Клиническая картина заболеваний участников исследования представлена в табл. 2.

В 1-й группе операции выполняли с использованием эндоскопической техники, описанной во множестве работ [73–77]. Во 2-й группе применяли классический трансоральный доступ, также широко представленный в литературе и включающий в себя такие этапы, как установка роторасширителя, рассечение мягкого нёба, рассечение задней стенки глотки по средней линии, скелетизация скакта,  $C_1$ - и  $C_{II}$ -позвонков, трепанация переднего полукольца  $C_1$ -позвонка, трепанация и удаление зубовидного отростка и послойное закрытие раны [78–81]. У 2 пациентов из 1-й группы и у 7 человек из 2-й операция была двухэтапной: первым этапом выполняли заднюю стабилизацию (окципитоспондилодез) и затем, после переворота пациента, проводили основной этап вмешательства. Удаление зубовидного отростка в обеих группах включало в себя установку люмбального дренажа (при необходимости),

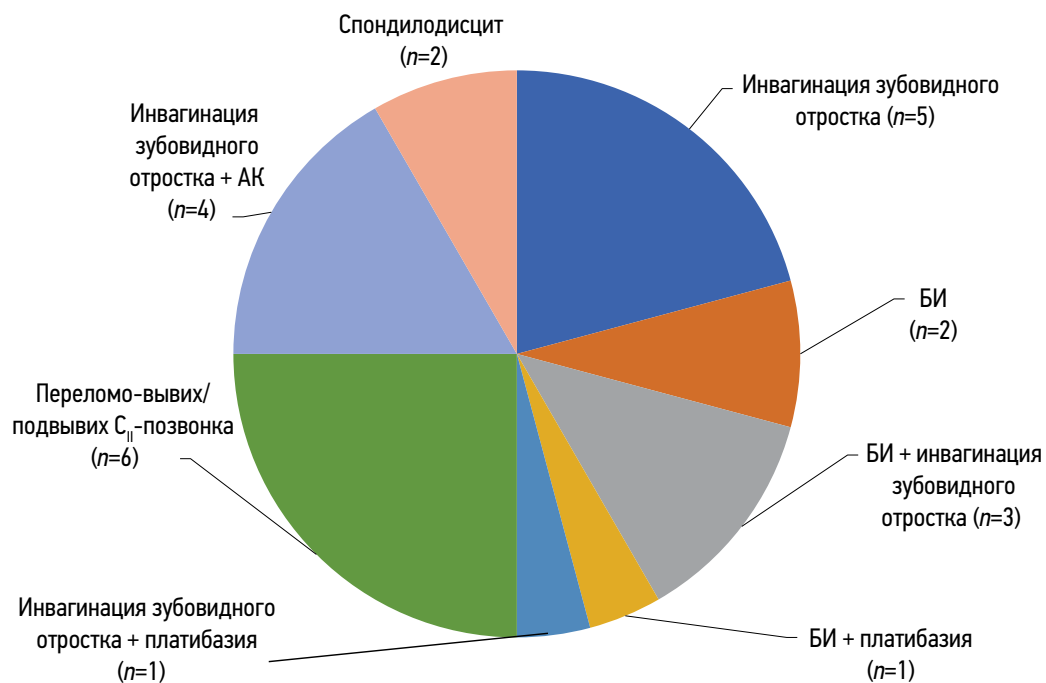


Рис. 1. Распределение пациентов контрольной группы по нозологиям.

Примечание. БИ — базиллярная импрессия, АК — аномалия Арнольда–Киари.

Fig. 1. Distribution of patients in the control group by nosology.

Note. БИ — basilar impression, АК — Arnold–Chiari anomaly.

Таблица 2. Клиническая картина заболеваний

Table 2. Clinical features of diseases

Симптом	Эндоскопическая трансназальная одонтоидэктомия, n (%)	Трансоральная микрохирургическая одонтоидэктомия, n (%)
Тетрапарез	2 (40)	16 (66,7)
Гемипарез	0	3 (12,5)
Головная боль	4 (80)	16 (66,7)
Мозжечковая атаксия	1 (20)	9 (37,5)
Проводниковые чувствительные расстройства	5 (100)	20 (83,3)
Бульбарные нарушения	1 (20)	4 (16,7)
Нарушение контроля тазовых органов	0	1 (4,2)

укладку пациента в положение лёжа для трансорального доступа и полусидя — для трансназального и выполнение соответствующего доступа. У 2 пациентов на этапе подготовки к одонтоидэктомии отмечена исходная нестабильность КВП (первый — с переломо-вывихом зубовидного отростка, второй — с инвагинацией зубовидного отростка с неудачной попыткой задней стабилизации из-за инфекционных осложнений).

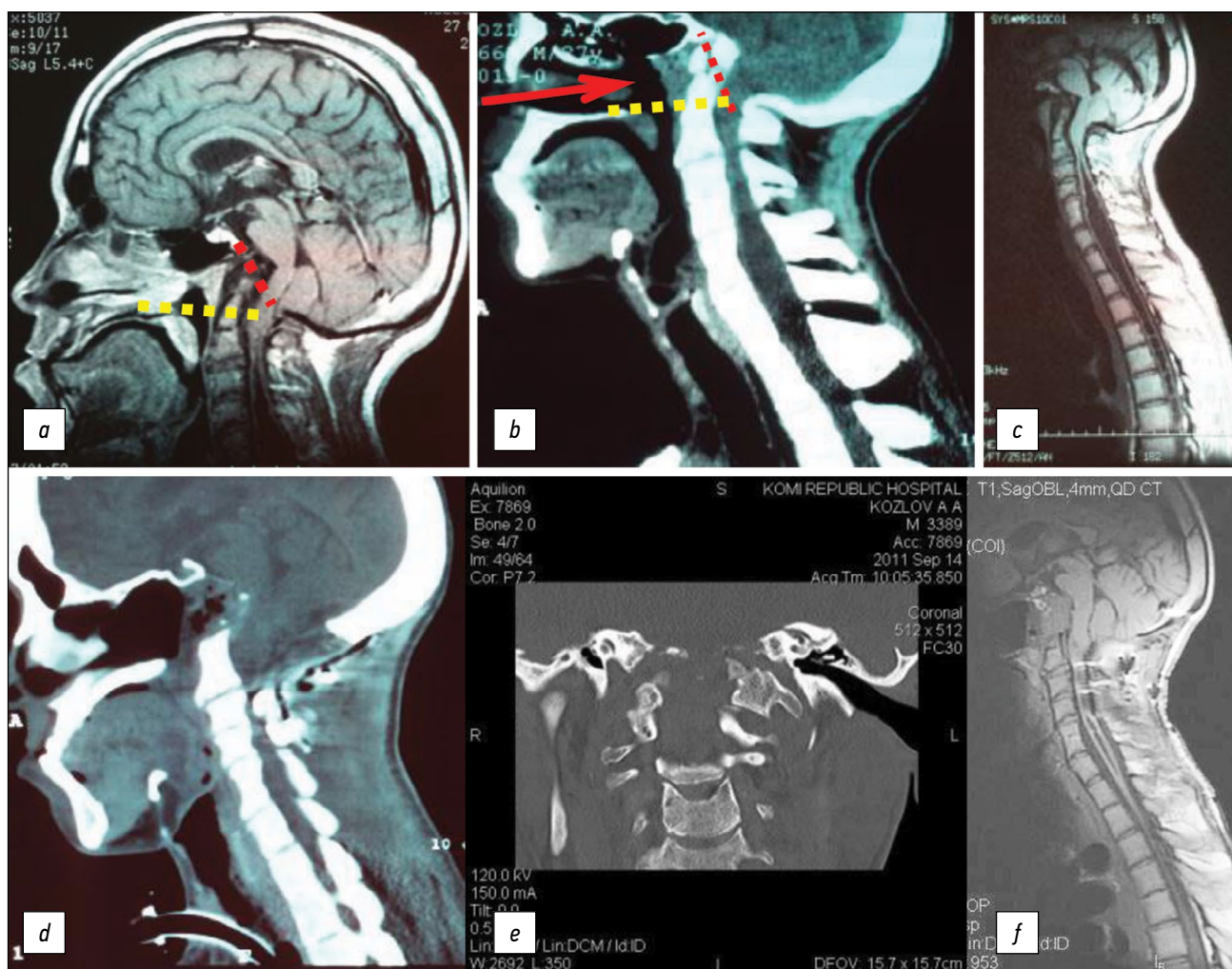
## Основные результаты исследования

### Анализ результатов эндоскопической трансназальной одонтоидэктомии

Результаты хирургического лечения оценивали на основе ретроспективного анализа историй болезни 5 пациентов, у которых эндоскопически трансназально был

удалён зубовидный отросток позвонка C<sub>II</sub> (клинический пример на рис. 2).

Ни в одном случае мы не наблюдали дооперационной нестабильности КВП. У 2 пациентов стабилизация (ОСД системой «Vertex») была выполнена в сроки 1 и 3 мес до основного этапа лечения. У 2 человек стабилизация выполнена одномоментно, первым этапом в составе двухэтапного оперативного лечения. У одного из них (диагноз: «Базиллярная импрессия, инвагинация зубовидного отростка, синингомиелическая киста на уровне C<sub>III</sub>–Th<sub>III</sub>-позвонков») в ходе задней стабилизации осуществлена задняя декомпрессия уровня КВП. У 1 пациента (диагноз: «Инвагинация зубовидного отростка, аномалия Киари 1-го типа») стабилизацию КВП не проводили; несмотря на отсутствие ассимиляции позвонка C<sub>I</sub> с черепом и после 3-месячного ношения воротника по типу «Филадельфия» отмечена стабилизация КВП.



**Рис. 2.** Нейровизуализационные исследования пациента К., 27 лет, до и после операции.

*Примечание.* *a* — магнитно-резонансная томография (МРТ) до операции. *b* — спиральная компьютерная томография (СКТ) до операции. Определяется инвагинация зубовидного отростка  $C_{II}$ -позвонка, компрессия продолговатого мозга. Красная пунктирная линия — линия плоскости большого затылочного отверстия Мак-Рая. Жёлтым пунктиром указана линия Чемберлена. Красная стрелка указывает направление доступа. Угол операционного действия составляет  $25^\circ$ . *c* — МРТ до операции, сирингомиелическая киста  $C_{III}-Th_{VII}$ . В клинической картине — головная боль, гемипарез 4 балла. *d* — СКТ через 7 дней после операции. *e* — СКТ через 3 мес после операции. *f* — МРТ головы и шеи в сагиттальной проекции в  $T_1$ -режиме. Декомпрессия продолговатого и спинного мозга, практически полный регресс гигантской сирингомиелической кисты.

**Fig. 2.** Neuroimaging studies of patient K., 27 years old, before and after surgery.

*Note.* *a* — magnetic resonance imaging (MRI) before surgery. *b* — spiral computed tomography (SCT) before surgery. Invagination of the  $C_{II}$  vertebra odontoid compression of the medulla oblongata is determined. The red dotted line is the line of the plane of McRae's foramen magnum. The yellow dotted line indicates the Chamberlain line. The red arrow indicates the direction of access. The operating angle is  $25^\circ$ . *c* — MRI before surgery, syringomyelic cyst  $C_{III}-Th_{VII}$ . In the clinical picture — headache, hemiparesis 4 points. *d* — SCT 7 days after the operation. *e* — SCT 3 months after surgery. *f* — MRI of the head and neck in the sagittal projection in  $T_1$  mode. Decompression of the medulla oblongata and spinal cord, almost complete regression of the giant syringomyelic cyst.

У 3 из 5 пациентов до операции была установлена трахеостома (у 1 из них планировался трансоральный доступ, однако ввиду тугоподвижности нижнечелюстного сустава был выполнен трансназальный доступ). В 2 случаях в течение в среднем 7 дней (8 и 6 дней) была выполнена деканюляция, и, соответственно, оральное питание начато на 8-е и 2-е сут после операции. У 1 пациента по причине появления бульбарных нарушений деканюляция в рамках госпитализации выполнена не была. У оставшихся 2 больных искусственная вентиляция лёгких осуществлялась

оротрахеально, и в послеоперационном периоде не возникло необходимости в трахеостомии. Оральное питание этим пациентам начато на 1-е сут после операции. Средний срок начала орального питания составил 3 дня после операции.

Средняя продолжительность одонтоидэктомии оказалась равна  $320 \pm 72,5$  мин. В 4 случаях для расширения зоны доступности выполняли трепанацию нижних отделов ската (в этих случаях верхушка зубовидного отростка находилась за нижним отделом ската). В 2 случаях

для повышения удобства визуализации при трепанации верхних отделов зубовидного отростка выполняли трепанацию верхних отделов тела  $C_{II}$ -позвонка, что позволяло держать эндоскоп ниже дрели и контролировать подлежащие структуры. Во всех случаях удалось выполнить полную резекцию зубовидного отростка и визуализировать истончённую пульсирующую подлежащую твердую мозговую оболочку (ТМО), что подтверждало полную декомпрессию стволовых структур на интраоперационном этапе лечения.

В 2 случаях (первые 2 операции) на последних этапах удаления зубовидного отростка отмечено точечное повреждение ТМО с развитием интраоперационной ликвореи. Пластика была выполнена Тахокомбом и фибрин-тромбиновым клеем. В одном из этих случаев на 4-е сут после операции развились назальная ликворея и менингит, ввиду чего была выполнена ревизионная операция с послойной пластикой дефекта аутофасцией, аутожиром. Ни в одном случае не отмечено повреждения магистральных сосудов. Средняя кровопотеря составила 300 мл. Включение в операцию этапа стабилизации увеличивало кровопотерю на 500 мл.

Среди осложнений также отмечено развитие пневмонии в 1 случае после операции.

Оценку клинической симптоматики выполняли на момент выписки пациента. У 2 человек с исходным тетрапарезом отмечена положительная динамика в виде полного восстановления силы в конечностях. У 1 пациента без исходных двигательных нарушений отмечена отрицательная динамика с развитием тетрапареза до 4 баллов. У 3 из 4 пациентов с краниалгией после операции зафиксирован регресс головной боли, ещё у 1 человека динамики не зарегистрировано. У единственного пациента с атаксией отмечен регресс шаткости походки после операции. У всех пациентов с чувствительными нарушениями имел место их регресс в раннем послеоперационном периоде (рис. 3). У пациентки с аномалией Арнольда–Киари

в раннем послеоперационном периоде (на 7-е сут после операции) зафиксирована частичная редислокация с миндалик мозжечка с 19 до 15 мм и дальнейшая редислокация до 7 мм в течение 3 мес наблюдения.

Медиана продолжительности госпитализации после одонтоидэктомии составила 12 дней  $\pm 18,9$  (7–52 дня). Самая продолжительная госпитализация составила 52 дня у пациента с послеоперационной ликвореей и менингитом.

#### **Анализ результатов микрохирургической трансоральной одонтоидэктомии**

Результаты хирургического лечения оценивали на основе ретроспективного анализа историй болезни 24 пациентов, у которых микрохирургически трансорально был удалён зубовидный отросток  $C_{II}$ -позвонка.

У 11 пациентов стабилизирующая операция была выполнена одномоментно (у 8 из них первым этапом операции — ОСД, у 3 вторым этапом сразу после удаления зубовидного отростка — передняя стабилизация индивидуальной стабилизирующей системой). У 7 человек стабилизация была выполнена предварительно в среднем в течение года до основного этапа хирургического лечения, в 3 случаях ОСД был выполнен в течение 2 нед после одонтоидэктомии. Окципитоспондилодез производили крючковой системой «Vertex» в 11, винтовой системой «DM» — в 4 и системой «Summit» — в 2 случаях. У 1 пациента (диагноз: «Инвагинированный зубовидный отросток  $C_{II}$ -позвонка») стабилизацию КВП не выполняли, несмотря на отсутствие ассимиляции позвонка  $C_1$  с черепом, и после 6-месячного ношения воротника по типу «Филадельфия» у него зафиксировали стабилизацию КВП. В 7 случаях ОСД сопровождался ламинэктомией на уровне  $C_1$ – $C_{II}$ .

Всем пациентам до операции устанавливали трахеостому. Деканюляцию выполняли в среднем через 11 дней после операции. Средняя продолжительность операции составила 400 мин, медиана продолжительности

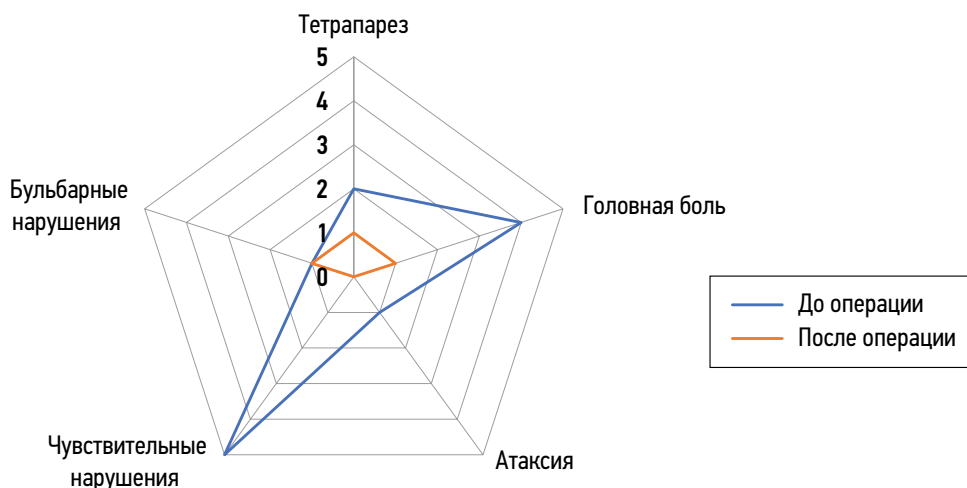


Рис. 3. Динамика симптомов после операции в основной группе пациентов (по числу пациентов).

Fig. 3. Symptoms dynamics after surgery in the main group of patients (according to the number of patients).



одонтоидэктомии оказалась равной 380 мин ([320; 450]). Выполнение ОСД первым этапом удлиняло операцию на 525 мин (медиана [480; 550]).

В 5 случаях для расширения зоны доступности выполняли трепанацию нижних отделов ската (в этих случаях верхушка зубовидного отростка находилась за нижним отделом ската) и во всех случаях проводили трепанацию тела позвонка С<sub>II</sub>. В 21 случае достигнута полная резекция зубовидного отростка. В 1 случае оставлена дорсальная кортикальная пластика зубовидного отростка, однако декомпрессия стволовых структур достигнута. В 1 случае удалена одна половина зубовидного отростка, что потребовало выполнить реоперацию, после чего зубовидный отросток был удалён полностью. В 1 случае ввиду ошибки ориентации в операционной ране вместо зубовидного отростка выполнена трепанация передних отделов мыщелка затылочной кости (ошибка от средней линии составила 4 мм), ввиду чего пациенту выполнена реоперация на следующий день, и достигнуто полное удаление зубовидного отростка.

В 2 случаях на последних этапах удаления зубовидного отростка отмечено повреждение ТМО с развитием интраоперационной ликвореи. В первом случаях выполнена пластика Тахокомбом, во втором — Тахокомбом, аутожиром и аутофасцией. Ни у одного пациента в послеоперационном периоде не отмечено развития менингита или ликвореи. В 1 случае после операции развилась пневмония.

В 15 случаях оральное питание начинали за 3–4 дня до деканюляции, в 4 случаях начало орального питания совпало с днём деканюляции и в оставшихся 3 случаях ввиду бульбарных нарушений оральное питание инициировали спустя 7–10 дней после деканюляции. В 2 случаях деканюляция не была выполнена в рамках госпитализации из-за сохраняющихся бульбарных нарушений. В среднем срок начала орального питания составил 8,3 дня.

Ни в одном случае не отмечено повреждения магистральных сосудов. Средняя кровопотеря у пациентов,

которым одномоментно с одонтоидэктомией выполнялась задняя стабилизация, составила 1040 мл. У пациентов, которым не проводили стабилизацию или осуществляли одномоментную переднюю стабилизацию, средняя кровопотеря составила 416 мл.

Оценку клинической симптоматики производили на момент выписки пациента из стационара. У 10 из 16 пациентов с исходным тетрапарезом отмечена положительная динамика в виде повышения силы в конечностях. Ни у одного из пациентов без исходных двигательных нарушений ( $n=5$ ) в послеоперационном периоде не отмечено появления таковых. У всех пациентов с исходным гемипарезом ( $n=3$ ) также отмечена положительная динамика в виде повышения силы в конечностях. У 10 из 16 пациентов с предоперационной краниалгией она регрессировала после операции, у 6 осталась на прежнем уровне. У 6 из 9 пациентов отмечен регресс атаксии.

У 12 из 20 пациентов отмечен регресс чувствительных нарушений в послеоперационном периоде. У 1 пациента из 4 с бульбарными нарушениями зарегистрирована положительная динамика, у 2 человек степень нарушения осталась на предоперационном уровне и у 1 отмечено её усугубление. У 1 пациента бульбарные нарушения возникли после операции, но регрессировали к 26-му дню послеоперационного периода. Динамика клинической картины представлена на рис. 4.

Медиана продолжительности госпитализации после одонтоидэктомии составила 18 дней ([11,5; 28,5]). Самая длительная госпитализация была равна 55 дней у пациентки с троекратным расхождением швов на задней стенке ротоглотки в послеоперационном периоде (клинический пример на рис. 5). Пациентка Н., 13 лет, поступила во ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко». При МРТ и КТ выявлены платибазия, инвагинированный зубовидный отросток с компрессией стволовых структур (рис. 5). В неврологическом статусе — спастический тетрапарез 4 балла, бульбарные нарушения, атаксия.

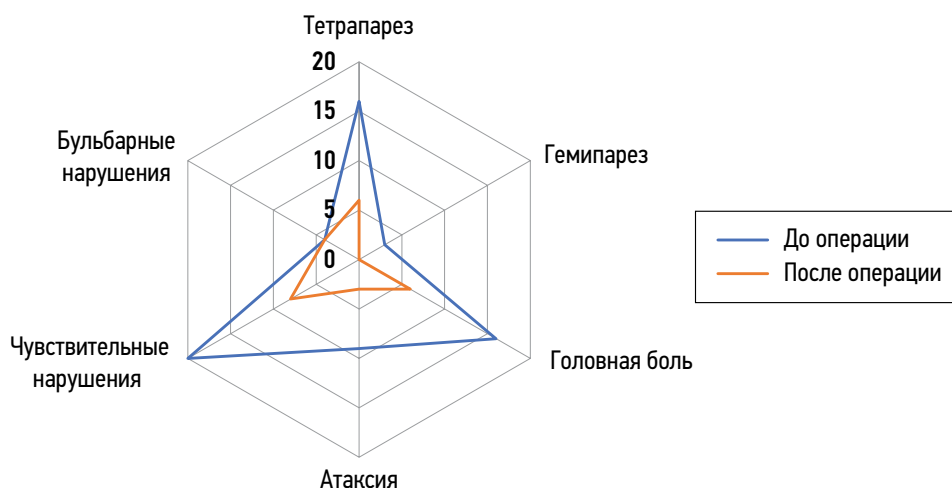
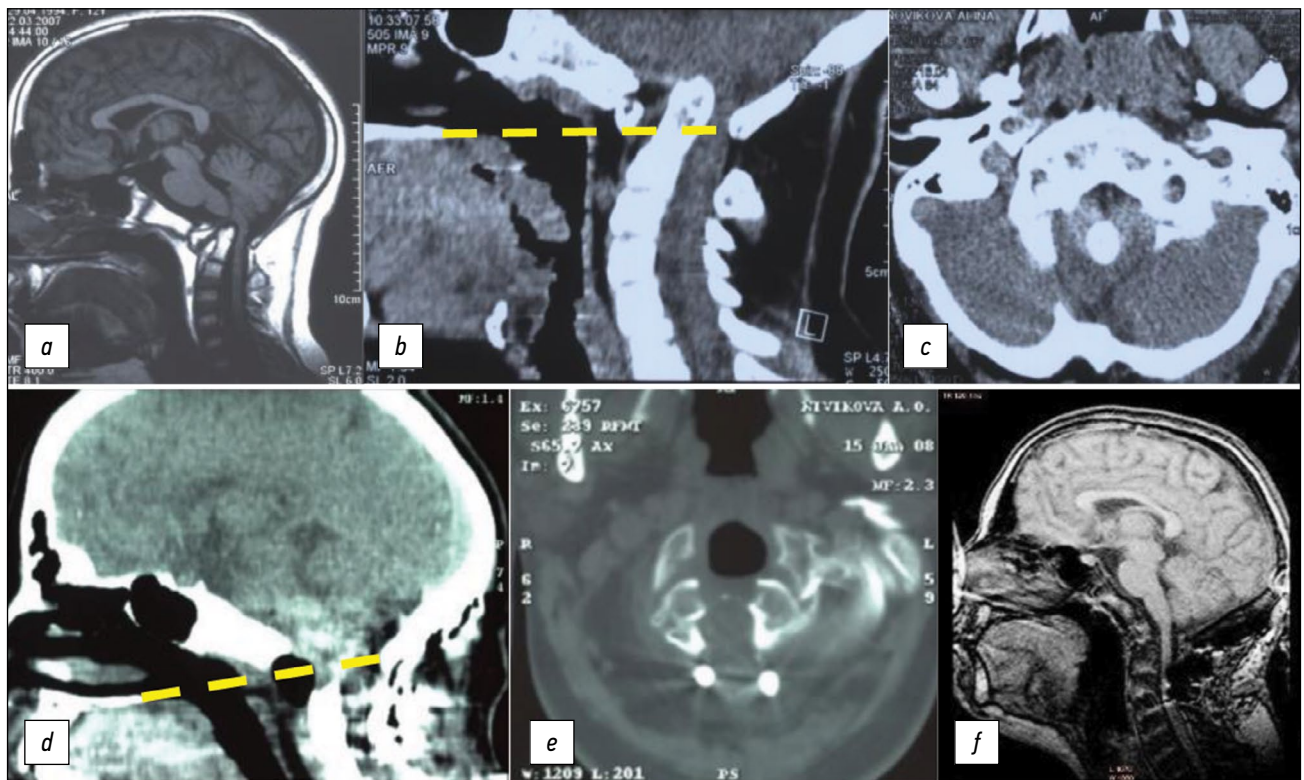


Рис. 4. Динамика симптомов после операции в контрольной группе пациентов (по числу пациентов).

Fig. 4. Symptoms dynamics after surgery in the control group of patients (according to the number of patients).



**Рис. 5.** Нейровизуализационные исследования пациентки Н., 13 лет, до и после операции.

*Примечание.* *a* — МРТ в  $T_1$ -режиме в сагиттальной проекции. *b* — СКТ в сагиттальной проекции. *c* — СКТ в аксиальной проекции. Определяется платибазия, инвагинация зубовидного отростка. Жёлтый пунктир — линия Чемберлена. В клинической картине — нарушение глотания, речи, слабость в конечностях, шаткость и неустойчивость при ходьбе. *d* — СКТ сразу после операции (трансоральной одонтоидэктомии) в аксиальной проекции. *e* — СКТ сразу после операции в сагиттальной проекции. *f* — МРТ через 2 года после операции в сагиттальной проекции. Отмечается декомпрессия передних отделов спинного мозга. Жёлтый пунктир — линия Чемберлена. На 14-е сут после операции сняты швы с задней стенки глотки. Трахеостома удалена на 23-е сут после вмешательства. Переведена на самостоятельное питание на 23-е сут после операции (до этого питание осуществлялось через назогастральный зонд). В неврологическом статусе: регресс тетрапареза, бульбарных нарушений. На 43-е сут после вмешательства пациентка выписана в удовлетворительном состоянии.

**Fig. 5.** Neuroimaging studies of patient N., 13 years old, before and after surgery.

*Note.* *a* — MRI in  $T_1$  mode in the sagittal projection. *b* — SCT in the sagittal projection. *c* — SCT in axial projection. Platybasia, invagination of the odontoid process is determined. The yellow dotted line is the Chamberlain line. The clinical presentation — a violation of swallowing, speech, weakness in the limbs, unsteadiness and instability when walking. *d* — SCT immediately after surgery (transoral odontoidectomy) in the axial projection. *e* — SCT immediately after the operation in the sagittal projection. *f* — MRI 2 years after surgery in the sagittal projection. There is decompression of the anterior spinal cord. The yellow dotted line is the Chamberlain line. On the 14th day after the operation, the sutures were removed from the posterior pharyngeal wall. The tracheostomy was removed on the 23rd day after the intervention. She was transferred to independent nutrition on the 23rd day after the operation (before that, nutrition was carried out through a nasogastric tube). In the neurological status: regression of tetraparesis, bulbar disorders. On the 43rd day after the intervention, the patient was discharged in a satisfactory condition.

## Нежелательные явления

Частота хирургических осложнений (ликворея, менингит, расхождение раны) оказалась статистически не значимо выше в основной (20%), чем в контрольной группе (5%;  $p > 0,05$ , точный критерий Фишера; табл. 3).

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Обсуждение основного результата исследования

Представленная работа посвящена анализу результатов хирургического лечения пациентов

с инвагинированным зубовидным отростком, компримирующим ствольные структуры. Основным показанием к хирургическому лечению патологических образований вентральных отделов КВП, в том числе при наличии инвагинированного зубовидного отростка, является наличие компрессии ствола головного мозга и верхних шейных сегментов спинного мозга [82]. Если компрессия ствольных структур поддаётся уменьшению путем дистракции, то возможно обойтись задней стабилизацией после дистракции, при этом стабилизация обеспечивает долгосрочный эффект дистракции [32, 83]. В случаях невозможности дистракции и прогрессии неврологических

Таблица 3. Осложнения хирургического лечения

Table 3. Surgical treatment complications

Осложнение	Основная группа, n (%)	Контрольная группа, n (%)
Ликворея	1 (20)	0 (0)
Менингит	1 (20)	0 (0)
Несостоятельность раны на задней стенке глотки	0 (0)	2 (8,3)
Пневмония	1 (20)	1 (4,1)

симптомов показана декомпрессия стволовых структур и стабилизация верхнешейных сегментов позвоночника [84]. Для лечения подобных патологических процессов были предложены различные доступы, включая трансоральный и трансназальный эндоскопический [2, 10, 85–87].

При эндоскопическом трансназальном доступе хирургическое поле ограничено носовой и нёбной костью, через которые проводят 2 линии — назопалатинную, предложенную А. Кассамом (линия, соединяющая ринион с задним краем твердого нёба), и назокливальную, предложенную А. Шкарубо (линия, соединяющая ринион и нижний отдел ската) — в результате чего образуется треугольная форма хирургического коридора [74, 88]. Этот коридор обеспечивает доступ ко всему вентральному отделу КВП в срединной плоскости [10, 83]. Для расширения зоны доступности в каудальном направлении применяется трепанация задних отделов твердого нёба [2], его истончение для увеличения экскурсии инструментов [59] или выполнение транссептального доступа с трепанацией задних отделов перегородки носа [40]. По бокам хирургическое поле ограничено Евстахиевыми трубами, медиальными крыловидными отростками и паракливальными отделами внутренних сонных артерий. Ориентация возможна как при помощи нейронавигации, так и посредством интраоперационной КТ/МРТ [29].

По данным литературы, в среднем частота регресса неврологической симптоматики после трансназальной одонтоидэктомии составляет 94% против 90% после трансоральной [89]. Следует отметить, что в литературе не представлено случаев ухудшения неврологического статуса после эндоскопической трансназальной одонтоидэктомии, а частота ухудшения статуса после трансоральной одонтоидэктомии составляет 0,9% [89]. В представленной нами серии в 1 случае отмечено появление двигательных нарушений по типу тетрапареза, больше выраженного в ногах.

Поскольку у всех пациентов обеих групп была достигнута полная декомпрессия стволовых структур, динамика клинической картины между группами не отличалась. Наиболее часто присутствующие симптомы (головная боль, двигательные и чувствительные нарушения) регрессировали с сопоставимой частотой в обеих группах, что указывает на эффективность применённой методики и соответствует данным литературы, отображая эффективность передней декомпрессии как таковой [23, 24, 46, 90, 91].

Благодаря тому, что трансназальный доступ к зубовидному отростку С<sub>II</sub>-позвонка выполняется через небольшой разрез в носоглотке, воздействие на рану слюны и бактерий снижается по сравнению с трансоральным доступом, что, соответственно, уменьшает риск развития инфекционных осложнений [23, 37, 92]. Ещё одним преимуществом по сравнению с трансоральным доступом является траектория доступа сверху вниз, что позволяет лучше контролировать этапы трепанации костных структур и с более удобной позиции визуализировать связочный аппарат зуба [16].

Важным преимуществом трансназального доступа является отсутствие необходимости в установке трахеостомы, несмотря на представленные в литературе сведения о возможной её необходимости в послеоперационном периоде (из-за транзитной велофарингеальной недостаточности или бульбарных нарушений), частота чего достигает 2–3% [25, 72, 89], и что значительно отличается от таковой среди пациентов, оперированных трансорально — 26,3% [93]. В послеоперационном периоде в 1-й группе ни в одном случае не возникло необходимости в установке трахеостомы, а пациенты, которым она была установлена до операции, прошли процедуру деканюляции в стандартные сроки, и оральное питание пациентами основной группы начато в более ранние сроки, что связано в том числе с более низким риском инфицирования раны и отсутствием риска расхождения швов на мягком нёбе и задней стенке глотки, частота которого составила 8,3% во 2-й группе. По данным литературы, частота расхождения раны в среднем составляет 2% [89]. Не менее важным фактором раннего начала орального питания является более низкая (до 6% по данным литературы) вероятность развития велофарингеальной недостаточности у пациентов, которым выполняется эндоскопическая трансназальная одонтоидэктомия с развитием гнусавости голоса и заброса пищи в полость носа, что обусловлено более низкой концентрацией волокон фарингеального сплетения в области разреза при эндоскопическом трансназальном доступе и отсутствием необходимости рассечения мягкого нёба [9, 25, 89, 91]. В исследуемой группе ни в одном случае после трансназальной одонтоидэктомии не зарегистрировано подобных осложнений.

## Осложнения

Трансназальная эндоскопическая одонтоидэктомия — это новое направление, насчитывающее несколько сотен

описанных операций, в связи с чем вопрос о возможных интраоперационных сложностях и послеоперационных осложнениях становится достаточно актуальным. Как и в любой хирургии, основным возможным интраоперационным осложнением является кровотечение. Ни в одной из групп нашего исследования не произошло ранения магистрального сосуда при 2% частоте подобных осложнений, описанной в литературе [89]. Однако потенциальный риск возникновения таких проблем всегда существует, и достигнуть гемостаза в условиях эндоскопического доступа всегда сложнее по сравнению с микрохирургической техникой, применяемой в трансоральной хирургии. Прежде всего это связано с отсутствием возможности полноценной бимануальной работы. Тем не менее использование современных гемостатиков и инструментов, предназначенных для эндоскопической эндоназальной хирургии, включая алмазные боры и биполярную коагуляцию, а также тёплое орошение, позволяют обеспечивать гемостаз [94]. Также необходимо отметить, что уровень кровопотери в исследуемых группах оказался сопоставимым, что позволяет применять трансназальный эндоскопический доступ наравне с микрохирургическим трансоральным. Одним из возможных осложнений, которого можно ожидать в послеоперационном периоде, является носовое кровотечение, встречающееся в 2% случаев [60, 62, 90, 95]. Как и при доступе к пазухе основной кости, кровотечение чаще всего развивается из веток клиновидно-нёбной артерии, и единственным вариантом его купирования является ревизия раны и коагуляция сосуда. В анализируемой серии случаев подобных осложнений не отмечено.

Ещё одним возможным осложнением является интраоперационная ликворея, которая в случае одонтоидэктомии случается ввиду истончения ТМО в области инвагинированного зубовидного отростка и плотной спаянности кортикальной пластинки с ТМО, ввиду чего чаще всего отмечается на самых заключительных этапах одонтоидэктомии. Несмотря на выполняемую пластику, всегда остаётся риск развития ликвореи в послеоперационном периоде, что и было зафиксировано нами у 1 из 5 (20%) пациентов исследуемой группы, и что сопоставимо с данными литературы, где частота подобных осложнений составляет порядка 2–20% (в среднем 6%), частота менингита при этом в среднем равна 4% [28, 49, 54, 60, 89]. Такая высокая частота сопряжена с особенностями реконструкции костно-дурального дефекта в области КВП и ската из-за размера дефектов, выраженного тока спинномозговой жидкости, отсутствия опорных структур и влияния гравитации [92, 96]. В трансоральной же хирургии инвагинированного зубовидного отростка частота ликвореи в среднем составляет 1%, равно как и менингита, что обусловлено послойным ушиванием задней стенки носоглотки и возможностью более деликатного выделения кортикальной пластинки зубовидного отростка, что, соответственно, снижает риск травмирования ТМО [89]. В литературе

представлены различные методики пластики подобных дефектов ТМО [1, 20, 23, 26, 37]. Основными способами пластики костно-дурального дефекта этой области являются сочетание методов свободной трансплантации (жира и фасции) и лоскутов на питающей ножке. В основном используется техника «тройной F» (fat, fascia, flap) [94, 97, 98]. В настоящее время, как правило, применяют пластику с использованием мукопериостального лоскута с перегородки носа и лоскута, сформированного из задней стенки глотки с или без аутожира и аутофасции. Также возможно наложение швов на заднюю стенку глотки, что, безусловно, более удобно выполнять в условиях микрохирургического трансорального доступа.

Экстракраниальными осложнениями после трансоральной одонтоидэктомии чаще всего, по данным литературы, оказываются кардиальные и пульмонологические, что в основном связывают с трахеостомией и исходными дыхательными нарушениями [89, 99]. В описанной нами серии также зарегистрированы подобные осложнения в виде пневмонии, развившейся у 1 больного из каждой группы пациентов.

### Стабилизация краниовертебрального перехода

Общепринятым считается, что удаление переднего полукольца позвонка C<sub>1</sub> и зубовидного отростка позвонка C<sub>II</sub> приводит к нестабильности атланта-аксиального сочленения, требующей внутренней или наружной фиксации [72, 75, 100]. Menezes и VanGilder в своей работе отметили, что у 72% из 72 оперированных пациентов после одонтоидэктомии возникла послеоперационная нестабильность КВП, что потребовало проведения задней стабилизации в серии их пациентов (72 пациента) [101]. Такие же данные предоставил и Dickman на опыте лечения 28 пациентов: в 70% случаев потребовалось проведение стабилизирующих операций после резекции зубовидного отростка [102, 103].

В абсолютном большинстве случаев выполняют стандартный окципитоспондилодез либо перед передней декомпрессией, либо после неё [15, 26, 29, 37, 104]. В ряде случаев осуществляют C<sub>1</sub>–C<sub>II</sub>-фиксацию [20, 27, 31]. При этом Chang и соавт. в ретроспективной серии пациентов, перенёсших переднюю одонтоидэктомию и различные варианты задней стабилизации (ОСД с фиксацией C<sub>1</sub>–C<sub>II</sub>–C<sub>III</sub>, ОСД с фиксацией C<sub>II</sub>–C<sub>III</sub>, только C<sub>1</sub>–C<sub>II</sub>), используя разработанный ими алгоритм (треугольник, включающий нижнюю точку ската, задненижнюю точку тела позвонка C<sub>II</sub> и наиболее близкую к стволу точку зубовидного отростка), отметили, что лучшие результаты декомпрессии достигаются у тех, кому проводят окципитоцервикальную стабилизацию с включением C<sub>1</sub>–C<sub>II</sub>-сегментов [105].

Анализ данных литературы показывает развитие методов передней стабилизации, которые не уступают в своей эффективности задней, что позволяет проводить операцию в один этап, без переворота [103, 106–109].

Также описана методика передней стабилизации КВП с использованием костного аутотрансплантата [110]. Для исключения дестабилизации КВП после одонтоидэктомии некоторые авторы предлагают удалять зубовидный отросток без резекции переднего полукольца  $C_1$ -позвонка путём интраоперационного изменения положения головы [41, 46, 59]. Также возможно обойтись без стабилизации при сращении заднего полукольца  $C_1$ -позвонка и затылочной кости [32].

### Ограничения исследования

- Невозможность отследить катамнез у всех пациентов (ввиду их недоступности).
- Отсутствие рандомизации при выборе доступа.
- Большой временной разброс между началом и концом набора пациентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время эндоскопический трансназальный доступ постепенно замещает трансоральный у ряда пациентов, которым показана передняя одонтоидэктомия. При этом анализ данных литературы отображает всё более глубокое развитие этой методики с учётом всё большего количества особенностей хирургического лечения, включая оптимизацию размеров операционного поля, попытки выполнять  $C_1$ -сохраняющие операции и определение достаточного объёма трепанации костных структур, однако однозначных показаний к применению трансорального или трансназального доступа в настоящее время не сформулировано. Применяют такие показатели, как назопалатинная и назокливальная линия, но в большинстве случаев выбор доступа зависит от оснащённости клиники и навыков хирурга. Тем не менее анализ литературы в пределах последних 20 лет отображает постепенное смещение акцента хирургического лечения пациентов с базиллярной импрессией в сторону минимально инвазивных техник, позволяющих снизить частоту послеоперационных осложнений, сократить пребывание пациента в стационаре и снизить частоту выполнения стабилизирующих операций, что может значимо повысить качество жизни пациентов ввиду отсутствия нарушения подвижности шейного отдела позвоночника. По нашему мнению,

перспективным направлением может стать разработка и внедрение способа одномоментной передней стабилизации в ходе эндоскопической трансназальной одонтоидэктомии с использованием аутотрансплантатов или алломатериалов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: А.Н. Шкарубо, А.Г. Назаренко, А.А. Кулешов, Н.А. Коновалов — концепция и дизайн исследования, редактирование рукописи; И.В. Чернов, И.В. Андреев — сбор и обработка материала, написание текста рукописи; И.Н. Лисянский — сбор и обработка материала, статистический анализ данных; М.Е. Синельников — написание текста рукописи.

**Author's contribution.** A.N. Shkarubo, A.G. Nazarenko, A.A. Kuleshov, N.A. Konovalov — concept and design of research, editing of the manuscript; I.V. Chernov, I.V. Andreev — collection and processing of material, writing the text of the manuscript; I.N. Lisyansky — collection and processing of material, statistical analysis of data; M.E. Sinelnikov — writing the text of the manuscript. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for 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.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие законных представителей пациента на публикацию медицинских данных и фотографий.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pacca P., Tardivo V., Pecorari G., et al. The Endoscopic Endonasal Approach to Craniovertebral Junction Pathologies: Surgical Skills and Anatomical Study // *Acta Neurochir Suppl.* 2019. N 125. P. 25–36. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_5
2. Ponce-Gómez J.A., Ortega-Porcayo L.A., Soriano-Barón H.E., et al. Evolution from microscopic transoral to endoscopic endonasal odontoidectomy // *Neurosurg Focus.* 2014. Vol. 37, N 4. P. E15. doi: 10.3171/2014.7.FOCUS14301
3. Tubbs R.S., Hallock J.D., Radcliff V., et al. Ligaments of the craniocervical junction // *J Neurosurg Spine.* 2011. Vol. 14, N 6. P. 697–709. doi: 10.3171/2011.1.SPINE10612
4. Liao C., Visocchi M., Zhang W., et al. The Relationship Between Basilar Invagination and Chiari Malformation Type I: A Narrative Review // *Acta Neurochir Suppl.* 2019. N 125. P. 111–118. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_16
5. Vangilder J.C., Menezes A.H. Craniovertebral junction

- abnormalities // *Clin Neurosurg.* 1983. N 30. P. 514–530. doi: 10.1093/neurosurgery/30.cn\_suppl\_1.514
6. Menezes A.H. Craniovertebral junction database analysis: incidence, classification, presentation, and treatment algorithms // *Child's Nerv Syst.* 2008. Vol. 24, N 10. P. 1101–1118. doi: 10.1007/s00381-008-0605-9
7. Naderi S., Crawford N.R., Melton M.S., et al. Biomechanical analysis of cranial settling after transoral odontoidectomy // *Neurosurg Focus.* 1999. Vol. 6, N 6. P. E9. doi: 10.3171/foc.1999.6.6.10
8. Cavallo L.M., Cappabianca P., Messina A., et al. The extended endoscopic endonasal approach to the clivus and cranio-vertebral junction: anatomical study // *Child's Nerv Syst.* 2007. Vol. 23, N 6. P. 665–671. doi: 10.1007/s00381-007-0332-7
9. Perrini P., Benedetto N., Di Lorenzo N. Transoral approach to extradural non-neoplastic lesions of the craniovertebral junction // *Acta Neurochir (Wien).* 2014. Vol. 156, N 6. P. 1231–1236. doi: 10.1007/s00701-014-2057-1
10. Kassam A.B., Snyderman C., Gardner P., et al. The Expanded Endonasal Approach: A Fully Endoscopic Transnasal Approach and Resection of the Odontoid Process: Technical Case Report // *Oper Neurosurg.* 2005. Vol. 57, N 1, Suppl. P. E213. Discussion E213. doi: 10.1227/01.NEU.0000163687.64774.E4
11. Шкарубо А.Н., Коновалов Н.А., Зеленков П.В., и др. Эндоскопическое эндоназальное удаление инвагинированного зубовидного отростка С2 позвонка // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* 2015. Т. 79, № 5. С. 82–90. doi: 10.17116/neiro201579582-90
12. Jho H.D., Ha H.G. Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery: Part 3 — The Clivus and Posterior Fossa // *Minim Invasive Neurosurg.* 2004. Vol. 47, N 1. P. 16–23. doi: 10.1055/s-2004-818347
13. Kshetry V.R., Thorp B.D., Shriver M.F., et al. Endoscopic Approaches to the Craniovertebral Junction // *Otolaryngol Clin North Am.* 2016. Vol. 49, N 1. P. 213–226. doi: 10.1016/j.otc.2015.08.003
14. Laufer I., Greenfield J.P., Anand V.K., et al. Endonasal endoscopic resection of the odontoid process in a nonachondroplastic dwarf with juvenile rheumatoid arthritis: feasibility of the approach and utility of the intraoperative Iso-C three-dimensional navigation // *J Neurosurg Spine.* 2008. Vol. 8, N 4. P. 376–380. doi: 10.3171/SPI/2008/8/4/376
15. Zwagerman N.T., Tormenti M.J., Tempel Z.J., et al. Endoscopic endonasal resection of the odontoid process: clinical outcomes in 34 adults // *J Neurosurg.* 2018. Vol. 128, N 3. P. 923–931. doi: 10.3171/2016.11.JNS16637
16. Aldahak N., Richter B., Bemora J.S., et al. The endoscopic endonasal approach to cranio-cervical junction: the complete panel // *Pan Afr Med J.* 2017. N 27. P. 277. doi: 10.11604/pamj.2017.27.277.12220
17. Simal-Julián J.A., Miranda-Lloret P., Sanchis-Martín M.R., et al. Endonasal Odontoidectomy in Basilar Invagination // *J Neurol Surg Part B Skull Base.* 202. N 82, Suppl 1. P. S14–S15. doi: 10.1055/s-0040-1714406
18. Zoia C., Bongetta D., Luzzi S. Endoscopic Transnasal Odontoidectomy // *J Neurol Surg Part B Skull Base.* 2021. N 82, Suppl 1. P. S10–S11. doi: 10.1055/s-0040-1714409
19. Falco J.J., Solares C.A., Reyes C. Endoscopic Transnasal Odontoidectomy // *J Neurol Surg Part B Skull Base.* 2021. N 82, Suppl 1. P. S8–S9. doi: 10.1055/s-0040-1705161
20. Heller R.S., Glaspy T., Mhaskar R., et al. Endoscopic Endonasal Versus Transoral Odontoidectomy for Non-Neoplastic Craniovertebral Junction Disease: A Case Series // *Oper Neurosurg (Hagerstown).* 2021. Vol. 21, N 6. P. 380–385. doi: 10.1093/ons/opab303
21. Algattas H.N., Okonkwo D.O., Snyderman C., et al. Staged Repositioning in Endoscopic Endonasal Odontoidectomy Maximizes Decompression While Allowing Preservation of the C1 Anterior Arch: A Technical Note // *World Neurosurg.* 2021. N 151. P. 118–123. doi: 10.1016/j.wneu.2021.04.105
22. Liu J.K., Dodson V.N., Zhao K., Eloy J.A. Endoscopic Endonasal Transclival Odontoidectomy for Basilar Invagination: Operative Video and Technical Nuances // *J Neurol Surg Part B Skull Base.* 2021. N 82, Suppl 1. P. S16–S18. doi: 10.1055/s-0040-1715522
23. London N.R., Mohyeldin A., Carrau R.L., Prevedello D.M. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy with Nasopharyngeal Flap Reconstruction // *J Neurol Surg Part B Skull Base.* 2021. N 82, Suppl 1. P. S12–S13. doi: 10.1055/s-0040-1714408
24. Veiceschi P., Pozzi F., Restelli F., et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy Preserving Atlantoaxial Stability: a Pediatric Case // *J Neurol Surg Part B Skull Base.* 2021. N 82, Suppl 1. P. S2–S3. doi: 10.1055/s-0039-3402797
25. Husain Q., Kim M.H., Hussain I., et al. Endoscopic endonasal approaches to the craniovertebral junction: The Otolaryngologist's perspective // *World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg.* 2020. Vol. 6, N 2. P. 94–99. doi: 10.1016/j.wjorl.2020.01.001
26. Grose E., Moldovan I.D., Kilty S., et al. Clinical Outcomes of Endoscopic Endonasal Odontoidectomy: A Single-Center Experience // *World Neurosurg.* 2020. N 137. P. e406–e415. doi: 10.1016/j.wneu.2020.01.219
27. Butenschoen V.M., Wostrack M., Meyer B., Gempt J. Endoscopic Transnasal Odontoidectomy for Ventral Decompression of the Craniovertebral Junction: Surgical Technique and Clinical Outcome in a Case Series of 19 Patients // *Oper Neurosurg (Hagerstown).* 2020. Vol. 20, N 1. P. 24–31. doi: 10.1093/ons/opaa331
28. Yeh M.-Y., Huang W.-C., Wu J.-C., et al. Suture Repair in Endoscopic Surgery for Craniovertebral Junction // *Neurospine.* 2019. Vol. 16, N 2. P. 257–266. doi: 10.14245/ns.1938174.087
29. Ogiwara T., Miyaoka Y., Nakamura T., et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy in the Hybrid Operating Room // *World Neurosurg.* 2019. N 131. P. 137–140. doi: 10.1016/j.wneu.2019.07.197
30. Alalade A.F., Ogando-Rivas E., Forbes J., et al. A Dual Approach for the Management of Complex Craniovertebral Junction Abnormalities: Endoscopic Endonasal Odontoidectomy and Posterior Decompression with Fusion // *World Neurosurg X.* 2019. N 2. P. 100010. doi: 10.1016/j.wnsx.2019.100010
31. Pacca P., Marengo N., Di Perna G., et al. Endoscopic Endonasal Approach for Urgent Decompression of Craniovertebral Junction in Syringobulbia // *World Neurosurg.* 2019. N 130. P. 499–505. doi: 10.1016/j.wneu.2019.07.004
32. Vitali M., Canevari F.R., Cattalani A., et al. Stability-Sparing Endoscopic Endonasal Odontoidectomy in a Malformative Craniovertebral Junction: Case Report and Biomechanical Considerations // *Acta Neurochir Suppl.* 2019. N 125. P. 229–233. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_32
33. Abbritti R.V., Esposito F., Angileri F.F., et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy and Posterior Fusion in a Single-Stage Surgery: Description of Surgical Technique and Outcome // *Acta Neurochir Suppl.* 2019. N 125. P. 197–207. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_29
34. Ottenhausen M., Alalade A.F., Rumalla K., et al. Quality of Life After Combined Endonasal Endoscopic Odontoidectomy and Posterior Suboccipital Decompression and Fusion // *World Neurosurg.* 2018. N 116. P. e571–e576. doi: 10.1016/j.wneu.2018.05.041
35. Grin A., Lvov I., Godkov I., et al. Endoscopic endonasal resection of the odontoid process in a patient with chronic injury of the C1

- transverse ligament // *Asian J Neurosurg*. 2018. Vol. 13, N 4. P. 1179. doi: 10.4103/ajns.AJNS\_366\_16
- 36.** Aldea S., Brauge D., Gaillard S.. How I do it: Endoscopic endonasal approach for odontoid resection // *Neurochirurgie*. 2018. Vol. 64, N 3. P. 194–197. doi: 10.1016/j.neuchi.2017.12.005
- 37.** Tang D., Roxbury C., D'Anza B., et al. Technical notes on the endoscopic endonasal approach to the craniovertebral junction for odontoidectomy // *Am J Rhinol Allergy*. 2018. Vol. 32, N 2. P. 85–86. doi: 10.1177/1945892418762659
- 38.** Hussain I., Schwartz T.H., Greenfield J.P. Endoscopic Endonasal Approach to the Upper Cervical Spine for Decompression of the Cervicomedullary Junction Following Occipitocervical Fusion // *Clin Spine Surg*. 2018. Vol. 31, N 7. P. 285–292. doi: 10.1097/BSD.0000000000000620
- 39.** Herrera R., Rojas H., Estramian A., et al. Adult Grisel Syndrome and Cervical Skull instability. Transnasal endoscopic odontoidectomy and occipito-cervical fusion. Case report and literature review // *Surg Neurol Int*. 2018. N 9, Suppl 1. P. S8–S15. doi: 10.4103/sni.sni\_281\_17
- 40.** Rossini Z., Milani D., Nicolosi F., et al. Endoscopic Transseptal Approach with Posterior Nasal Spine Removal: A Wide Surgical Corridor to the Craniovertebral Junction and Odontoid: Technical Note and Case Series // *World Neurosurg*. 2018. N 110. P. 373–385. doi: 10.1016/j.wneu.2017.11.153
- 41.** Iacoangeli M., Nasi D., Colasanti R., et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy with Anterior C1 Arch Preservation in Rheumatoid Arthritis: Long-Term Follow-Up and Further Technical Improvement by Anterior Endoscopic C1-C2 Screw Fixation and Fusion // *World Neurosurg*. 2017. N 107. P. 820–829. doi: 10.1016/j.wneu.2017.08.063
- 42.** Singh H., Rote S., Jada A., et al. Endoscopic endonasal odontoid resection with real-time intraoperative image-guided computed tomography: report of 4 cases // *J Neurosurg*. 2018. Vol. 128, N 5. P. 1486–1491. doi: 10.3171/2017.1.JNS162601
- 43.** Sexton M.A., Abcejo A.S., Pasternak J.J. Comparison of Anesthetic Management and Outcomes in Patients Having Either Transnasal or Transoral Endoscopic Odontoid Process Surgery // *J Neurosurg Anesthesiol*. 2018. Vol. 30, N 2. P. 179–183. doi: 10.1097/ANA.0000000000000420
- 44.** Chibbaro S., Cebula H., Aldea S., et al. Endonasal Endoscopic Odontoidectomy in Ventral Diseases of the Craniocervical Junction: Results of a Multicenter Experience // *World Neurosurg*, 2017. N 106. P. 382–393. doi: 10.1016/j.wneu.2017.06.148
- 45.** Zenga F., Pacca P., Tardivo V., et al. Endoscopic Endonasal Approach to the Odontoid Pathologies // *World Neurosurg*. 2016. N 89. P. 394–403. doi: 10.1016/j.wneu.2016.02.011
- 46.** Zenga F., Marengo N., Pacca P., et al. C1 anterior arch preservation in transnasal odontoidectomy using three-dimensional endoscope: A case report // *Surg Neurol Int*. 2015. N 6. P. 192. doi: 10.4103/2152-7806.172696
- 47.** Burns T., Mindea S., Pendharkar A., et al. Endoscopic Transnasal Approach for Urgent Decompression of the Craniocervical Junction in Acute Skull Base Osteomyelitis // *J Neurol Surg Rep*. 2015. Vol. 76, N 1. P. e37–e42. doi: 10.1055/s-0034-1395492
- 48.** Zoli M., Mazzatenta D., Valluzzi A., et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy // *Neurosurg Clin N Am*. 2015. Vol. 26, N 3. P. 427–436. doi: 10.1016/j.nec.2015.03.002
- 49.** Kahilogullari G., Meco C., Zaimoglu M., et al. Pneumocephalus after endoscopic odontoidectomy in a pediatric patient: the lesson learned // *Child's Nerv Syst*. 2015. Vol. 31, N 9. P. 1595–1599. doi: 10.1007/s00381-015-2740-4
- 50.** La Corte E., Aldana P.R., Ferroli P., et al. The rhinopalatine line as a reliable predictor of the inferior extent of endonasal odontoidectomies // *Neurosurg Focus*. 2015. Vol. 38, N 4. P. E16. doi: 10.3171/2015.1.FOCUS14777
- 51.** Chaudhry N.S., Ozpinar A., Bi W.L., et al. Basilar Invagination: Case Report and Literature Review // *World Neurosurg*. 2015. N 83. P. 1180.e7–1180.e11. doi: 10.1016/j.wneu.2015.02.007
- 52.** Goldschlager T., Härtl R., Greenfield J.P., et al. The endoscopic endonasal approach to the odontoid and its impact on early extubation and feeding // *J Neurosurg*. 2015. Vol. 122, N 3. P. 511–518. doi: 10.3171/2014.9.JNS14733
- 53.** Duntze J., Eap C., Kleiber J.-C., et al. Advantages and limitations of endoscopic endonasal odontoidectomy. A series of nine cases // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2014. Vol. 100, N 7. P. 775–778. doi: 10.1016/j.otsr.2014.07.017
- 54.** Yen Y.-S., Chang P.-Y., Huang W.-C., et al. Endoscopic transnasal odontoidectomy without resection of nasal turbinates: clinical outcomes of 13 patients // *J Neurosurg Spine*. 2014. Vol. 21, N 6. P. 929–937. doi: 10.3171/2014.8.SPINE13504
- 55.** Choudhri O., Mindea S.A., Feroze A., et al. Experience with intraoperative navigation and imaging during endoscopic transnasal spinal approaches to the foramen magnum and odontoid // *Neurosurg Focus*. 2014. Vol. 36, N 3. P. E4. doi: 10.3171/2014.1.FOCUS13533
- 56.** Mazzatenta D., Zoli M., Mascari C., et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014. Vol. 39, N 10. P. 846–853. doi: 10.1097/BRS.0000000000000271
- 57.** Nagpal T. Transnasal endoscopic removal of malformation of the odontoid process in craniovertebral anomaly: a case report // *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg*. 2013. Vol. 23, N 2. P. 123–126. doi: 10.5606/kbbihtisas.2013.80958
- 58.** Zenga F., Villaret A., Fontanella M., Nicolai P. Endoscopic transnasal odontoidectomy using ultrasonic bone curette: Technical case report // *Neurol India*. 2013. Vol. 61, N 1. P. 69–72. doi: 10.4103/0028-3886.108015
- 59.** Iacoangeli M., Gladi M., Alvaro L., et al. Endoscopic endonasal odontoidectomy with anterior C1 arch preservation in elderly patients affected by rheumatoid arthritis // *Spine J*. 2013. Vol. 13, N 5. P. 542–548. doi: 10.1016/j.spinee.2013.01.043
- 60.** Yu Y., Wang X., Zhang X., et al. Endoscopic transnasal odontoidectomy to treat basilar invagination with congenital osseous malformations // *Eur Spine J*. 2013. Vol. 22, N 5. P. 1127–1136. doi: 10.1007/s00586-012-2605-4
- 61.** Rawal R.B., Shah R.N., Zanation A.M. Endonasal odontoidectomy for basilar impression and brainstem compression due to radiation fibrosis // *Laryngoscope*. 2013. Vol. 123, N 3. P. 584–587. doi: 10.1002/lary.23677
- 62.** Patel A.J., Boatey J., Muns J., et al. Endoscopic endonasal odontoidectomy in a child with chronic type 3 atlantoaxial rotatory fixation: case report and literature review // *Child's Nerv Syst*. 2012. Vol. 28, N 11. P. 1971–1975. doi: 10.1007/s00381-012-1818-5
- 63.** Gladi M., Iacoangeli M., Specchia N., et al. Endoscopic transnasal odontoid resection to decompress the bulbo-medullary junction: a reliable anterior minimally invasive technique without posterior fusion // *Eur Spine J*. 2012. N 21, Suppl 1. P. S55–S60. doi: 10.1007/s00586-012-2220-4
- 64.** Grammatica A., Bonali M., Ruscitti F., et al. Transnasal endoscopic removal of malformation of the odontoid process in a patient with type I Arnold-Chiari malformation: a case report // *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2011. Vol. 31, N 4. P. 248–252.

- 65.** Cornelius J.F., Kania R., Bostelmann R., et al. Transnasal endoscopic odontoidectomy after occipito-cervical fusion during the same operative setting — technical note // *Neurosurg Rev.* 2011. Vol. 34, N 1. P. 115–121. doi: 10.1007/s10143-010-0295-0
- 66.** Scholtes F., Signorelli F., McLaughlin N., et al. Endoscopic Endonasal Resection of the Odontoid Process as a Standalone Decompressive Procedure for Basilar Invagination in Chiari Type I Malformation // *Minim Invasive Neurosurg.* 2011. Vol. 54, N 4. P. 179–182. doi: 10.1055/s-0031-1283168
- 67.** El-Sayed I.H., Wu J.-C., Dhillon N., et al. The Importance of Platybasia and the Palatine Line in Patient Selection for Endonasal Surgery of the Craniocervical Junction: A Radiographic Study of 12 Patients // *World Neurosurg.* 2011. N 76. P. 183–188. doi: 10.1016/j.wneu.2011.02.018
- 68.** Gempt J., Lehmborg J., Grams A.E., et al. Endoscopic transnasal resection of the odontoid: case series and clinical course // *Eur Spine J.* 2011. Vol. 20, N 4. P. 661–666. doi: 10.1007/s00586-010-1629-x
- 69.** Shkarubo A.N., Chernov I.V., Andreev D.N., et al. Expanded endoscopic transnasal odontoidectomy and posterior stabilization: a combined approach // *J Neurosurg Sci.* 2022. Vol. 66, N 6. P. 551–559. doi: 10.23736/S0390-5616.20.05014-6
- 70.** Magrini S., Pasquini E., Mazzatenta D., et al. Endoscopic endonasal odontoidectomy in a patient affected by down syndrome // *Neurosurgery.* 2008. Vol. 63, N 2. P. E373–E374. Discussion E374. doi: 10.1227/01.NEU.0000315285.84524.74
- 71.** Wu J.-C., Huang W.-C., Cheng H., et al. Endoscopic Transnasal Transclival Odontoidectomy: A New Approach to Decompression: Technical Case Report // *Neurosurgery.* 2008. Vol. 63, N 1, Suppl 1. P. ONSE92–ONSE94. Discussion ONSE94. doi: 10.1227/01.NEU.0000313115.51071.D5
- 72.** Nayak J.V., Gardner P.A., Vescan A.D., et al. Experience with the Expanded Endonasal Approach for Resection of the Odontoid Process in Rheumatoid Disease // *Am J Rhinol.* 2007. Vol. 21, N 5. P. 601–606. doi: 10.2500/ajr.2007.21.3089
- 73.** Kassam A., Snyderman C.H., Mintz A., et al. Expanded endonasal approach: the rostrocaudal axis. Part I. Crista galli to the sella turcica // *J Neurosurg.* 2005. Vol. 19, N 1. P. 1–12. doi: 10.3171/foc.2005.19.1.5
- 74.** Kassam A., Snyderman C.H., Mintz A., et al. Expanded endonasal approach: the rostrocaudal axis. Part II. Posterior clinoids to the foramen magnum // *Neurosurg Focus.* 2005. Vol. 19, N 1. P. E4.
- 75.** Jho H.D., Ha H.G. Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery: Part 2 — The Cavernous Sinus // *Minim Invasive Neurosurg.* 2004. Vol. 47, N 1. P. 9–15. doi: 10.1055/s-2004-818346
- 76.** Charalampaki P., Ayyad A., Kockro R.A., Perneczky A. Surgical complications after endoscopic transsphenoidal pituitary surgery // *J Clin Neurosci.* 2009. Vol. 16, N 6. P. 786–789. doi: 10.1016/j.jocn.2008.09.002
- 77.** Yamada S., Yamada S.M., Hirohata T., et al. Endoscopic Extracapsular Removal of Pituitary Adenoma: The Importance of Pretreatment of an Adjacent Unruptured Internal Carotid Artery Aneurysm // *Case Rep Neurol Med.* 2012. N 2012. P. 891847. doi: 10.1155/2012/891847
- 78.** Shkarubo A.N., Kuleshov A.A., Chernov I.V., et al. Transoral Decompression and Stabilization of the Upper Cervical Segments of the Spine Using Custom-Made Implants in Various Pathologic Conditions of the Craniocervical Junction // *World Neurosurg.* 2018. N 109. P. e155–e163. doi: 10.1016/j.wneu.2017.09.124
- 79.** Yang J., Jia Q., Peng D., et al. Surgical treatment of upper cervical spine metastases: a retrospective study of 39 cases // *World J Surg Oncol.* 2017. Vol. 15, N 1. P. 21. doi: 10.1186/s12957-016-1085-0
- 80.** Shkarubo A.N., Kuleshov A.A., Chernov I.V., Vetrile M.S. Transoral Decompression and Anterior Stabilization of Atlantoaxial Joint in Patients with Basilar Impression and Chiari Malformation Type I: A Technical Report of 2 Clinical Cases // *World Neurosurg.* 2017. N 102. P. 181–190. doi: 10.1016/j.wneu.2017.02.113
- 81.** Choi D., Crockard H.A. Evolution of Transoral Surgery // *Neurosurgery.* 2013. Vol. 73, N 2. P. 296–304. doi: 10.1227/01.neu.0000430324.24623.10
- 82.** Jhavar S., Nunez M., Pacca P., et al. Craniovertebral junction 360°: A combined microscopic and endoscopic anatomical study // *J Craniovertebr Junction Spine.* 2016. Vol. 7, N 4. P. 204–216. doi: 10.4103/0974-8237.193270
- 83.** de Almeida J.R., Zanation A.M., Snyderman C.H., et al. Defining the nasopalatine line: The limit for endonasal surgery of the spine // *Laryngoscope.* 2009. Vol. 119, N 2. P. 239–244. doi: 10.1002/lary.20108
- 84.** Crockard H.A. The transoral approach to the base of the brain and upper cervical cord // *Ann R Coll Surg Engl.* 1985. Vol. 67, N 5. P. 321–325.
- 85.** Dasenbrock H.H., Clarke M.J., Bydon A., et al. Endoscopic Image-Guided Transcervical Odontoidectomy // *Neurosurgery.* 2012. Vol. 70, N 2. P. 351–360. Discussion 359–360. doi: 10.1227/NEU.0b013e318230e59a
- 86.** Sundaresan N., Galicich J.H., Lane J.M., Greenberg H.S. Treatment of odontoid fractures in cancer patients // *J Neurosurg.* 1981. Vol. 54, N 2. P. 187–192. doi: 10.3171/jns.1981.54.2.0187
- 87.** Iyer R.R., Grimmer J.F., Brockmeyer D.L. Endoscopic transnasal/transoral odontoid resection in children: results of a combined neurosurgical and otolaryngological protocolized, institutional approach // *J Neurosurg Pediatr.* 2021. P. 1–8. doi: 10.3171/2020.12.PEDS20729
- 88.** Shkarubo A.N., Nikolenko V.N., Chernov I.V., et al. Anatomical Aspects of the Transnasal Endoscopic Access to the Craniocervical Junction // *World Neurosurg.* 2020. N 133. P. e293–e302. doi: 10.1016/j.wneu.2019.09.011
- 89.** Shriver M.F., Kshetry V.R., Sindwani R., et al. Transoral and transnasal odontoidectomy complications: A systematic review and meta-analysis // *Clin Neurol Neurosurg.* 2016. N 148. P. 121–129. doi: 10.1016/j.clineuro.2016.07.019
- 90.** Hankinson T.C., Grunstein E., Gardner P., et al. Transnasal odontoid resection followed by posterior decompression and occipitocervical fusion in children with Chiari malformation Type I and ventral brainstem compression // *J Neurosurg Pediatr.* 2010. Vol. 5, N 6. P. 549–553. doi: 10.3171/2010.2.PEDS09362
- 91.** Van Abel K.M., Mallory G.W., Kasperbauer J.L., et al. Transnasal odontoid resection: is there an anatomic explanation for differing swallowing outcomes? // *Neurosurg Focus.* 2014. Vol. 37, N 4. P. E16. doi: 10.3171/2014.7.FOCUS14338
- 92.** Locatelli D., Karligiotis A., Turri-Zanoni M., et al. Endoscopic Endonasal Approaches for Treatment of Craniocervical Junction Tumours // *Acta Neurochir Suppl.* 2019. N 125. P. 209–224. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_30
- 93.** Landeiro J.A., Boechat S., Christoph Dde H., et al. Transoral approach to the craniocervical junction // *Arq Neuropsiquiatr.* 2007. Vol. 65, N 4B. P. 1166–1171. doi: 10.1590/S0004-282X2007000700014
- 94.** Visocchi M., Signorelli F., Liao C., et al. Endoscopic Endonasal Approach for Craniocervical Junction Pathologic Conditions: Myth



and Truth in Clinical Series and Personal Experience // *World Neurosurg.* 2017. N 101. P. 122–129. doi: 10.1016/j.wneu.2017.01.099

**95.** Lee A., Sommer D., Reddy K., et al. Endoscopic Transnasal Approach to the Craniovertebral Junction // *Skull Base.* 2010. Vol. 20, N 3. P. 199–205. doi: 10.1055/s-0029-1246220

**96.** Leng L.Z., Brown S., Anand V.K., Schwartz T.H. «Gasket-seal» Watertight Closure in Minimal-access Endoscopic Cranial Base Surgery // *Oper Neurosurg.* 2008. Vol. 62, N 5, Suppl 2. P. ONS342–ONS343. Discussion ONS343. doi: 10.1227/01.neu.0000326017.84315.1f

**97.** Morales-Valero S.F., Serchi E., Zoli M., et al. Endoscopic endonasal approach for craniovertebral junction pathology: a review of the literature // *Neurosurg Focus.* 2015. Vol. 38, N 4. P. E15. doi: 10.3171/2015.1.FOCUS14831

**98.** Fang C.H., Friedman R., Schild S.D., et al. Purely endoscopic endonasal surgery of the craniovertebral junction: A systematic review // *Int Forum Allergy Rhinol.* 2015. Vol. 5, N 8. P. 754–760. doi: 10.1002/alr.21537

**99.** Pandia M., Rath G., Bithal P., et al. Post-operative pulmonary complications in patients undergoing transoral odontoidectomy and posterior fixation for craniovertebral junction anomalies // *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2013. Vol. 29, N 2. P. 200–204. doi: 10.4103/0970-9185.111720

**100.** Leng L.Z., Anand V.K., Hartl R., Schwartz T.H. Endonasal Endoscopic Resection of an Os Odontoideum to Decompress the Cervicomedullary Junction // *Spine (Phila Pa 1976).* 2009. Vol. 34, N 4. P. E139–E143. doi: 10.1097/BRS.0b013e31818e344d

**101.** Menezes A.H., VanGilder J.C. Transoral-transpharyngeal approach to the anterior craniovertebral junction // *J Neurosurg.* 1988. Vol. 69, N 6. P. 895–903. doi: 10.3171/jns.1988.69.6.0895

**102.** Dickman C.A., Locantoro J., Fessler R.G. The influence of transoral odontoid resection on stability of the craniovertebral

junction // *J Neurosurg.* 1992. Vol. 77, N 4. P. 525–530. doi: 10.3171/jns.1992.77.4.0525

**103.** Kerschbaumer F., Kandziora F., Klein C., et al. Transoral Decompression, Anterior Plate Fixation, and Posterior Wire Fusion for Irreducible Atlantoaxial Kyphosis in Rheumatoid Arthritis // *Spine (Phila Pa 1976).* 2000. Vol. 25, N 20. P. 2708–2715. doi: 10.1097/00007632-200010150-00029

**104.** Brito J.N.P.O., Santos B.A.D., Nascimento I.F., et al. Basilar invagination associated with chiari malformation type I: A literature review // *Clinics (Sao Paulo).* 2019. N 74. P. e653. doi: 10.6061/clinics/2019/e653

**105.** Chang P.-Y., Yen Y.-S., Wu J.-C., et al. The importance of atlantoaxial fixation after odontoidectomy // *J Neurosurg Spine.* 2016. Vol. 24, N 2. P. 300–308. doi: 10.3171/2015.5.SPINE141249

**106.** Ahmed R., Traynelis V.C., Menezes A.H. Fusions at the craniovertebral junction // *Child's Nerv Syst.* 2008. Vol. 24, N 10. P. 1209–1224. doi: 10.1007/s00381-008-0607-7

**107.** Grob D., Jeanneret B., Aebi M., Markwalder T. Atlanto-axial fusion with transarticular screw fixation // *J Bone Joint Surg Br.* 1991. Vol. 73, N 6. P. 972–976. doi: 10.1302/0301-620X.73B6.1955447

**108.** Zhang B., Liu H., Cai X., et al. Biomechanical Comparison of Modified TARP Technique Versus Modified Goel Technique for the Treatment of Basilar Invagination // *Spine (Phila Pa 1976).* 2016. Vol. 41, N 8. P. E459–E466. doi: 10.1097/BRS.0000000000001297

**109.** Li X., Wu Z., Xia H., et al. The development and evaluation of individualized templates to assist transoral C2 articular mass or transpedicular screw placement in TARP-IV procedures: adult cadaver specimen study // *Clinics (Sao Paulo).* 2014. Vol. 69, N 11. P. 750–757. doi: 10.6061/clinics/2014(11)08

**110.** Shkarubo A.N., Chernov I.V., Andreev D.N. Transoral Removal of Ventrally Located Meningiomas of the Craniovertebral Junction // *World Neurosurg.* 2018. S1878-8750(18)32926-7. doi: 10.1016/j.wneu.2018.12.103

## REFERENCES

- Pacca P, Tardivo V, Pecorari G, et al. The Endoscopic Endonasal Approach to Craniovertebral Junction Pathologies: Surgical Skills and Anatomical Study. *Acta Neurochir Suppl.* 2019;125:25–36. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_5
- Ponce-Gómez JA, Ortega-Porcayo LA, Soriano-Barón HE, et al. Evolution from microscopic transoral to endoscopic endonasal odontoidectomy. *Neurosurg Focus.* 2014;37(4):E15. doi: 10.3171/2014.7.FOCUS14301
- Tubbs RS, Hallock JD, Radcliff V, et al. Ligaments of the craniovertebral junction. *J Neurosurg Spine.* 2011;14(6):697–709. doi: 10.3171/2011.1.SPINE10612
- Liao C, Visocchi M, Zhang W, et al. The Relationship Between Basilar Invagination and Chiari Malformation Type I: A Narrative Review. *Acta Neurochir Suppl.* 2019;125:111–118. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_16
- Vangilder JC, Menezes AH. Craniovertebral junction abnormalities. *Clin Neurosurg.* 1983;30:514–530. doi: 10.1093/neurosurgery/30.cn\_suppl\_1.514
- Menezes AH. Craniovertebral junction database analysis: incidence, classification, presentation, and treatment algorithms. *Child's Nerv Syst.* 2008;24(10):1101–1118. doi: 10.1007/s00381-008-0605-9
- Naderi S, Crawford NR, Melton MS, et al. Biomechanical analysis of cranial settling after transoral odontoidectomy. *Neurosurg Focus.* 1999;6(6):E9. doi: 10.3171/foc.1999.6.6.10
- Cavallo LM, Cappabianca P, Messina A, et al. The extended endoscopic endonasal approach to the clivus and cranio-vertebral junction: anatomical study. *Child's Nerv Syst.* 2007;23(6):665–671. doi: 10.1007/s00381-007-0332-7
- Perrini P, Benedetto N, Di Lorenzo N. Transoral approach to extradural non-neoplastic lesions of the craniovertebral junction. *Acta Neurochir (Wien).* 2014;156(6):1231–1236. doi: 10.1007/s00701-014-2057-1
- Kassam AB, Snyderman C, Gardner P, et al. The Expanded Endonasal Approach: A Fully Endoscopic Transnasal Approach and Resection of the Odontoid Process: Technical Case Report. *Oper Neurosurg.* 2005;57(1 Suppl):E213;discussion E213. doi: 10.1227/01.NEU.0000163687.64774.E4
- Shkarubo AN, Kononov NA, Zelenkov PV, et al. Endoscopic endonasal removal of the invaginated odontoid process of the C2 vertebra. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni NN Burdenko* 2015;79(5):82–90. doi: 10.17116/neiro201579582-90
- Jho HD, Ha HG. Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery: Part 3 — The Clivus and Posterior Fossa. *Minim Invasive Neurosurg.* 2004;47(1):16–23. doi: 10.1055/s-2004-818347
- Kshetry VR, Thorp BD, Shriver MF, et al. Endoscopic Approaches to the Craniovertebral Junction. *Otolaryngol Clin North Am.* 2016;49(1):213–226. doi: 10.1016/j.otc.2015.08.003
- Laufer I, Greenfield JP, Anand VK, et al. Endonasal endoscopic resection of the odontoid process in a nonachondroplastic dwarf with

- juvenile rheumatoid arthritis: feasibility of the approach and utility of the intraoperative Iso-C three-dimensional navigation. *J Neurosurg Spine*. 2008;8(4):376–380. doi: 10.3171/SPI/2008/8/4/376
15. Zwagerman NT, Tormenti MJ, Tempel ZJ, et al. Endoscopic endonasal resection of the odontoid process: clinical outcomes in 34 adults. *J Neurosurg*. 2018;128(3):923–931. doi: 10.3171/2016.11.JNS16637
16. Aldahak N, Richter B, Bemora JS, et al. The endoscopic endonasal approach to craniocervical junction: the complete panel. *Pan Afr Med J*. 2017;27:277. doi: 10.11604/pamj.2017.27.277.12220
17. Simal-Julián JA, Miranda-Lloret P, Sanchis-Martín MR, et al. Endonasal Odontoidectomy in Basilar Invagination. *J Neurol Surg Part B Skull Base*. 2021;82(Suppl 1):S14–S15. doi: 10.1055/s-0040-1714406
18. Zoia C, Bongetta D, Luzzi S. Endoscopic Transnasal Odontoidectomy. *J Neurol Surg Part B Skull Base*. 2021;82(Suppl 1):S10–S11. doi: 10.1055/s-0040-1714409
19. Falco JJ, Solares CA, Reyes C. Endoscopic Transnasal Odontoidectomy. *J Neurol Surg Part B Skull Base*. 2021;82(Suppl 1):S8–S9. doi: 10.1055/s-0040-1705161
20. Heller RS, Glaspy T, Mhaskar R, et al. Endoscopic Endonasal Versus Transoral Odontoidectomy for Non-Neoplastic Craniovertebral Junction Disease: A Case Series. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2021;21(6):380–385. doi: 10.1093/ons/opab303
21. Algattas HN, Okonkwo DO, Snyderman C, et al. Staged Repositioning in Endoscopic Endonasal Odontoidectomy Maximizes Decompression While Allowing Preservation of the C1 Anterior Arch: A Technical Note. *World Neurosurg*. 2021;151:118–123. doi: 10.1016/j.wneu.2021.04.105
22. Liu JK, Dodson VN, Zhao K, Eloy JA. Endoscopic Endonasal Transclival Odontoidectomy for Basilar Invagination: Operative Video and Technical Nuances. *J Neurol Surg Part B Skull Base*. 2021;82(Suppl 1):S16–S18. doi: 10.1055/s-0040-1715522
23. London NR, Mohyeldin A, Carrau RL, Prevedello DM. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy with Nasopharyngeal Flap Reconstruction. *J Neurol Surg Part B Skull Base*. 2021;82(Suppl 1):S12–S13. doi: 10.1055/s-0040-1714408
24. Veiceschi P, Pozzi F, Restelli F, et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy Preserving Atlantoaxial Stability: a Pediatric Case. *J Neurol Surg Part B Skull Base*. 2021;82(Suppl 1):S2–S3. doi: 10.1055/s-0039-3402797
25. Husain Q, Kim MH, Hussain I, et al. Endoscopic endonasal approaches to the craniocervical junction: The Otolaryngologist's perspective. *World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 2020;6(2):94–99. doi: 10.1016/j.wjorl.2020.01.001
26. Grose E, Moldovan ID, Kilty S, et al. Clinical Outcomes of Endoscopic Endonasal Odontoidectomy: A Single-Center Experience. *World Neurosurg*. 2020;137:e406–e415. doi: 10.1016/j.wneu.2020.01.219
27. Butenschoen VM, Wostrack M, Meyer B, Gempt J. Endoscopic Transnasal Odontoidectomy for Ventral Decompression of the Craniovertebral Junction: Surgical Technique and Clinical Outcome in a Case Series of 19 Patients. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2020;20(1):24–31. doi: 10.1093/ons/opaa331
28. Yeh M-Y, Huang W-C, Wu J-C, et al. Suture Repair in Endoscopic Surgery for Craniovertebral Junction. *Neurospine*. 2019;16(2):257–266. doi: 10.14245/ns.1938174.087
29. Ogiwara T, Miyaoka Y, Nakamura T, et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy in the Hybrid Operating Room. *World Neurosurg*. 2019;131:137–140. doi: 10.1016/j.wneu.2019.07.197
30. Alalade AF, Ogando-Rivas E, Forbes J, et al. A Dual Approach for the Management of Complex Craniovertebral Junction Abnormalities: Endoscopic Endonasal Odontoidectomy and Posterior Decompression with Fusion. *World Neurosurg*. 2019;2:100010. doi: 10.1016/j.wnsx.2019.100010
31. Pacca P, Marengo N, Di Perna G, et al. Endoscopic Endonasal Approach for Urgent Decompression of Craniovertebral Junction in Syringobulbia. *World Neurosurg*. 2019;130:499–505. doi: 10.1016/j.wneu.2019.07.004
32. Vitali M, Canevari FR, Cattalani A, et al. Stability-Sparing Endoscopic Endonasal Odontoidectomy in a Malformative Craniovertebral Junction: Case Report and Biomechanical Considerations. *Acta Neurochir Suppl*. 2019;125:229–233. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_32
33. Abbritti RV, Esposito F, Angileri FF, et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy and Posterior Fusion in a Single-Stage Surgery: Description of Surgical Technique and Outcome. *Acta Neurochir Suppl*. 2019;125:197–207. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_29
34. Ottenhausen M, Alalade AF, Rumalla K, et al. Quality of Life After Combined Endonasal Endoscopic Odontoidectomy and Posterior Suboccipital Decompression and Fusion. *World Neurosurg*. 2018;116:e571–e576. doi: 10.1016/j.wneu.2018.05.041
35. Grin A, Lvov I, Godkov I, et al. Endoscopic endonasal resection of the odontoid process in a patient with chronic injury of the C1 transverse ligament. *Asian J Neurosurg*. 2018;13(4):1179. doi: 10.4103/ajns.AJNS\_366\_16
36. Aldea S, Brauge D, Gaillard S. How I do it: Endoscopic endonasal approach for odontoid resection. *Neurochirurgie*. 2018;64(3):194–197. doi: 10.1016/j.neuchi.2017.12.005
37. Tang D, Roxbury C, D'Anza B, et al. Technical notes on the endoscopic endonasal approach to the craniovertebral junction for odontoidectomy. *Am J Rhinol Allergy*. 2018;32(2):85–86. doi: 10.1177/1945892418762659
38. Hussain I, Schwartz TH, Greenfield JP. Endoscopic Endonasal Approach to the Upper Cervical Spine for Decompression of the Cervicomedullary Junction Following Occipitocervical Fusion. *Clin Spine Surg*. 2018;31(7):285–292. doi: 10.1097/BSD.0000000000000620
39. Herrera R, Rojas H, Estramian A, et al. Adult Grisel Syndrome and Cervical Skull instability. Transnasal endoscopic odontoidectomy and occipito-cervical fusion. Case report and literature review. *Surg Neurol Int*. 2018;9(Suppl 1):S8–S15. (In Spanish). doi: 10.4103/sni.sni\_281\_17
40. Rossini Z, Milani D, Nicolosi F, et al. Endoscopic Transseptal Approach with Posterior Nasal Spine Removal: A Wide Surgical Corridor to the Craniovertebral Junction and Odontoid: Technical Note and Case Series. *World Neurosurg*. 2018;110:373–385. doi: 10.1016/j.wneu.2017.11.153
41. Iacoangeli M, Nasi D, Colasanti R, et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy with Anterior C1 Arch Preservation in Rheumatoid Arthritis: Long-Term Follow-Up and Further Technical Improvement by Anterior Endoscopic C1-C2 Screw Fixation and Fusion. *World Neurosurg*. 2017;107:820–829. doi: 10.1016/j.wneu.2017.08.063
42. Singh H, Rote S, Jada A, et al. Endoscopic endonasal odontoid resection with real-time intraoperative image-guided computed tomography: report of 4 cases. *J Neurosurg*. 2018;128(5):1486–1491. doi: 10.3171/2017.1.JNS162601
43. Sexton MA, Abcejo AS, Pasternak JJ. Comparison of Anesthetic Management and Outcomes in Patients Having Either Transnasal or Transoral Endoscopic Odontoid Process

- Surgery. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2018;30(2):179–183. doi: 10.1097/ANA.0000000000000420
44. Chibbaro S, Cebula H, Aldea S, et al. Endonasal Endoscopic Odontoidectomy in Ventral Diseases of the Craniocervical Junction: Results of a Multicenter Experience. *World Neurosurg.* 2017;106:382–393. doi: 10.1016/j.wneu.2017.06.148
45. Zenga F, Pacca P, Tardivo V, et al. Endoscopic Endonasal Approach to the Odontoid Pathologies. *World Neurosurg.* 2016;89:394–403. doi: 10.1016/j.wneu.2016.02.011
46. Zenga F, Marengo N, Pacca P, et al. C1 anterior arch preservation in transnasal odontoidectomy using three-dimensional endoscope: A case report. *Surg Neurol Int.* 2015;6:192. doi: 10.4103/2152-7806.172696
47. Burns T, Mindea S, Pendharkar A, et al. Endoscopic Transnasal Approach for Urgent Decompression of the Craniocervical Junction in Acute Skull Base Osteomyelitis. *J Neurol Surg Rep.* 2015;76(1):e37–e42. doi: 10.1055/s-0034-1395492
48. Zoli M, Mazzatenta D, Valluzzi A, et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy. *Neurosurg Clin N Am.* 2015;26(3):427–436. doi: 10.1016/j.nec.2015.03.002
49. Kahilogullari G, Meco C, Zaimoglu M, et al. Pneumocephalus after endoscopic odontoidectomy in a pediatric patient: the lesson learned. *Child's Nerv Syst.* 2015;31(9):1595–1599. doi: 10.1007/s00381-015-2740-4
50. La Corte E, Aldana PR, Ferroli P, et al. The rhinopalatine line as a reliable predictor of the inferior extent of endonasal odontoidectomies. *Neurosurg Focus.* 2015;38(4):E16. doi: 10.3171/2015.1.FOCUS14777
51. Chaudhry NS, Ozpinar A, Bi WL, et al. Basilar Invagination: Case Report and Literature Review. *World Neurosurg.* 2015;83:1180.e7–1180.e11. doi: 10.1016/j.wneu.2015.02.007
52. Goldschlager T, Härtl R, Greenfield JP, et al. The endoscopic endonasal approach to the odontoid and its impact on early extubation and feeding. *J Neurosurg.* 2015;122(3):511–518. doi: 10.3171/2014.9.JNS14733
53. Duntze J, Eap C, Kleiber J-C, et al. Advantages and limitations of endoscopic endonasal odontoidectomy. A series of nine cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100(7):775–778. doi: 10.1016/j.otsr.2014.07.017
54. Yen Y-S, Chang P-Y, Huang W-C, et al. Endoscopic transnasal odontoidectomy without resection of nasal turbinates: clinical outcomes of 13 patients. *J Neurosurg Spine.* 2014;21(6):929–937. doi: 10.3171/2014.8.SPINE13504
55. Choudhri O, Mindea SA, Feroze A, et al. Experience with intraoperative navigation and imaging during endoscopic transnasal spinal approaches to the foramen magnum and odontoid. *Neurosurg Focus.* 2014;36(3):E4. doi: 10.3171/2014.1.FOCUS13533
56. Mazzatenta D, Zoli M, Mascari C, et al. Endoscopic Endonasal Odontoidectomy. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(10):846–853. doi: 10.1097/BRS.0000000000000271
57. Nagpal T. Transnasal endoscopic removal of malformation of the odontoid process in craniovertebral anomaly: a case report. *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg.* 2013;23(2):123–126. doi: 10.5606/kbbihtisas.2013.80958
58. Zenga F, Villaret A, Fontanella M, Nicolai P. Endoscopic transnasal odontoidectomy using ultrasonic bone curette: Technical case report. *Neurol India.* 2013;61(1):69–72. doi: 10.4103/0028-3886.108015
59. Iacoangeli M, Gladi M, Alvaro L, et al. Endoscopic endonasal odontoidectomy with anterior C1 arch preservation in elderly patients affected by rheumatoid arthritis. *Spine J.* 2013;13(5):542–548. doi: 10.1016/j.spinee.2013.01.043
60. Yu Y, Wang X, Zhang X, et al. Endoscopic transnasal odontoidectomy to treat basilar invagination with congenital osseous malformations. *Eur Spine J.* 2013;22(5):1127–1136. doi: 10.1007/s00586-012-2605-4
61. Rawal RB, Shah RN, Zanation AM. Endonasal odontoidectomy for basilar impression and brainstem compression due to radiation fibrosis. *Laryngoscope.* 2013;123(3):584–587. doi: 10.1002/lary.23677
62. Patel AJ, Boatey J, Muns J, et al. Endoscopic endonasal odontoidectomy in a child with chronic type 3 atlantoaxial rotatory fixation: case report and literature review. *Child's Nerv Syst.* 2012;28(11):1971–1975. doi: 10.1007/s00381-012-1818-5
63. Gladi M, Iacoangeli M, Specchia N, et al. Endoscopic transnasal odontoid resection to decompress the bulbo-medullary junction: a reliable anterior minimally invasive technique without posterior fusion. *Eur Spine J.* 2012;21(Suppl 1):S55–S60. doi: 10.1007/s00586-012-2220-4
64. Grammatica A, Bonali M, Ruscitti F, et al. Transnasal endoscopic removal of malformation of the odontoid process in a patient with type I Arnold-Chiari malformation: a case report. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2011;31(4):248–252.
65. Cornelius JF, Kania R, Bostelmann R, et al. Transnasal endoscopic odontoidectomy after occipito-cervical fusion during the same operative setting — technical note. *Neurosurg Rev.* 2011;34(1):115–121. doi: 10.1007/s10143-010-0295-0
66. Scholtes F, Signorelli F, McLaughlin N, et al. Endoscopic Endonasal Resection of the Odontoid Process as a Standalone Decompressive Procedure for Basilar Invagination in Chiari Type I Malformation. *Minim Invasive Neurosurg.* 2011;54(4):179–182. doi: 10.1055/s-0031-1283168
67. El-Sayed IH, Wu J-C, Dhillon N, et al. The Importance of Platybasia and the Palatine Line in Patient Selection for Endonasal Surgery of the Craniocervical Junction: A Radiographic Study of 12 Patients. *World Neurosurg.* 2011;76:183–188. doi: 10.1016/j.wneu.2011.02.018
68. Gempt J, Lehmeberg J, Grams AE, et al. Endoscopic transnasal resection of the odontoid: case series and clinical course. *Eur Spine J.* 2011;20(4):661–666. doi: 10.1007/s00586-010-1629-x
69. Shkarubo AN, Chernov IV, Andreev DN, et al. Expanded endoscopic transnasal odontoidectomy and posterior stabilization: a combined approach. *J Neurosurg Sci.* 2022;66(6):551–559. doi: 10.23736/S0390-5616.20.05014-6
70. Magrini S, Pasquini E, Mazzatenta D, et al. Endoscopic endonasal odontoidectomy in a patient affected by down syndrome. *Neurosurgery.* 2008;63(2):E373–E374;discussion E374. doi: 10.1227/01.NEU.0000315285.84524.74
71. Wu J-C, Huang W-C, Cheng H, et al. Endoscopic Transnasal Transclival Odontoidectomy: A New Approach to Decompression: Technical Case Report. *Neurosurgery.* 2008;63(1 Suppl 1):ONSE92–ONSE94;discussion ONSE94. doi: 10.1227/01.NEU.0000313115.51071.D5
72. Nayak JV, Gardner PA, Vescan AD, et al. Experience with the Expanded Endonasal Approach for Resection of the Odontoid Process in Rheumatoid Disease. *Am J Rhinol.* 2007;21(5):601–606. doi: 10.2500/ajr.2007.21.3089
73. Kassam A, Snyderman CH, Mintz A, et al. Expanded endonasal approach: the rostrocaudal axis. Part I. Crista galli to the sella turcica. *J Neurosurg.* 2005;19(1):1–12. doi: 10.3171/foc.2005.19.1.5
74. Kassam A, Snyderman CH, Mintz A, et al. Expanded endonasal approach: the rostrocaudal axis. Part II. Posterior clinoids to the foramen magnum. *Neurosurg Focus.* 2005;19(1):E4.

- 75.** Jho HD, Ha HG. Endoscopic Endonasal Skull Base Surgery: Part 2 — The Cavernous Sinus. *Minim Invasive Neurosurg.* 2004;47(1):9–15. doi: 10.1055/s-2004-818346
- 76.** Charalampaki P, Ayyad A, Kockro RA, Perneczky A. Surgical complications after endoscopic transsphenoidal pituitary surgery. *J Clin Neurosci.* 2009;16(6):786–789. doi: 10.1016/j.jocn.2008.09.002
- 77.** Yamada S, Yamada SM, Hirohata T, et al. Endoscopic Extracapsular Removal of Pituitary Adenoma: The Importance of Pretreatment of an Adjacent Unruptured Internal Carotid Artery Aneurysm. *Case Rep Neurol Med.* 2012;2012:891847. doi: 10.1155/2012/891847
- 78.** Shkarubo AN, Kuleshov AA, Chernov IV, et al. Transoral Decompression and Stabilization of the Upper Cervical Segments of the Spine Using Custom-Made Implants in Various Pathologic Conditions of the Craniovertebral Junction. *World Neurosurg.* 2018;109:e155–e163. doi: 10.1016/j.wneu.2017.09.124
- 79.** Yang J, Jia Q, Peng D, et al. Surgical treatment of upper cervical spine metastases: a retrospective study of 39 cases. *World J Surg Oncol.* 2017;15(1):21. doi: 10.1186/s12957-016-1085-0
- 80.** Shkarubo AN, Kuleshov AA, Chernov IV, Vetrile MS. Transoral Decompression and Anterior Stabilization of Atlantoaxial Joint in Patients with Basilar Impression and Chiari Malformation Type I: A Technical Report of 2 Clinical Cases. *World Neurosurg.* 2017;102:181–190. doi: 10.1016/j.wneu.2017.02.113
- 81.** Choi D, Crockard HA. Evolution of Transoral Surgery. *Neurosurgery.* 2013;73(2):296–304. doi: 10.1227/01.neu.0000430324.24623.10
- 82.** Jhawar S, Nunez M, Pacca P, et al. Craniovertebral junction 360°: A combined microscopic and endoscopic anatomical study. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2016;7(4):204–216. doi: 10.4103/0974-8237.193270
- 83.** de Almeida JR, Zanation AM, Snyderman CH, et al. Defining the nasopalatine line: The limit for endonasal surgery of the spine. *Laryngoscope.* 2009;119(2):239–244. doi: 10.1002/lary.20108
- 84.** Crockard HA. The transoral approach to the base of the brain and upper cervical cord. *Ann R Coll Surg Engl.* 1985;67(5):321–325.
- 85.** Dasenbrock HH, Clarke MJ, Bydon A, et al. Endoscopic Image-Guided Transcervical Odontoidectomy. *Neurosurgery.* 2012;70(2):351–360;discussion 359–360. doi: 10.1227/NEU.0b013e318230e59a
- 86.** Sundaresan N, Galicich JH, Lane JM, Greenberg HS. Treatment of odontoid fractures in cancer patients. *J Neurosurg.* 1981;54(2):187–192. doi: 10.3171/jns.1981.54.2.0187
- 87.** Iyer RR, Grimmer JF, Brockmeyer DL. Endoscopic transnasal/transoral odontoid resection in children: results of a combined neurosurgical and otolaryngological protocolized, institutional approach. *J Neurosurg Pediatr.* 2021;1–8. doi: 10.3171/2020.12.PEDS20729
- 88.** Shkarubo AN, Nikolenko VN, Chernov IV, et al. Anatomical Aspects of the Transnasal Endoscopic Access to the Craniovertebral Junction. *World Neurosurg.* 2020;133:e293–e302. doi: 10.1016/j.wneu.2019.09.011
- 89.** Shriver MF, Kshetry VR, Sindwani R, et al. Transoral and transnasal odontoidectomy complications: A systematic review and meta-analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2016;148:121–129. doi: 10.1016/j.clineuro.2016.07.019
- 90.** Hankinson TC, Grunstein E, Gardner P, et al. Transnasal odontoid resection followed by posterior decompression and occipitocervical fusion in children with Chiari malformation Type I and ventral brainstem compression. *J Neurosurg Pediatr.* 2010;5(6):549–553. doi: 10.3171/2010.2.PEDS09362
- 91.** Van Abel KM, Mallory GW, Kasperbauer JL, et al. Transnasal odontoid resection: is there an anatomic explanation for differing swallowing outcomes? *Neurosurg Focus.* 2014;37(4):E16. doi: 10.3171/2014.7.FOCUS14338
- 92.** Locatelli D, Karligkiotis A, Turri-Zanoni M, et al. Endoscopic Endonasal Approaches for Treatment of Craniovertebral Junction Tumours. *Acta Neurochir Suppl.* 2019;125:209–224. doi: 10.1007/978-3-319-62515-7\_30
- 93.** Landeiro JA, Boechat S, Christoph Dde H, et al. Transoral approach to the craniovertebral junction. *Arq Neuropsiquiatr.* 2007;65(4B):1166–1171. doi: 10.1590/S0004-282X2007000700014
- 94.** Visocchi M, Signorelli F, Liao C, et al. Endoscopic Endonasal Approach for Craniovertebral Junction Pathologic Conditions: Myth and Truth in Clinical Series and Personal Experience. *World Neurosurg.* 2017;101:122–129. doi: 10.1016/j.wneu.2017.01.099
- 95.** Lee A, Sommer D, Reddy K, et al. Endoscopic Transnasal Approach to the Craniocervical Junction. *Skull Base.* 2010;20(3):199–205. doi: 10.1055/s-0029-1246220
- 96.** Leng LZ, Brown S, Anand VK, Schwartz TH. «Gasket-seal» Watertight Closure in Minimal-access Endoscopic Cranial Base Surgery. *Oper Neurosurg.* 2008;62(5 Suppl 2):ONS342–ONS343;discussion ONSE343. doi: 10.1227/01.neu.0000326017.84315.1f
- 97.** Morales-Valero SF, Serchi E, Zoli M, et al. Endoscopic endonasal approach for craniovertebral junction pathology: a review of the literature. *Neurosurg Focus.* 2015;38(4):E15. doi: 10.3171/2015.1.FOCUS14831
- 98.** Fang CH, Friedman R, Schild SD, et al. Purely endoscopic endonasal surgery of the craniovertebral junction: A systematic review. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2015;5(8):754–760. doi: 10.1002/alr.21537
- 99.** Pandia M, Rath G, Bithal P, et al. Post-operative pulmonary complications in patients undergoing transoral odontoidectomy and posterior fixation for craniovertebral junction anomalies. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2013;29(2):200–204. doi: 10.4103/0970-9185.111720
- 100.** Leng LZ, Anand VK, Hartl R, Schwartz TH. Endonasal Endoscopic Resection of an Os Odontoideum to Decompress the Cervicomedullary Junction. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(4):E139–E143. doi: 10.1097/BRS.0b013e31818e344d
- 101.** Menezes AH, VanGilder JC. Transoral-transpharyngeal approach to the anterior craniocervical junction. *J Neurosurg.* 1988;69(6):895–903. doi: 10.3171/jns.1988.69.6.0895
- 102.** Dickman CA, Locantoro J, Fessler RG. The influence of transoral odontoid resection on stability of the craniovertebral junction. *J Neurosurg.* 1992;77(4):525–530. doi: 10.3171/jns.1992.77.4.0525
- 103.** Kerschbaumer F, Kandziara F, Klein C, et al. Transoral Decompression, Anterior Plate Fixation, and Posterior Wire Fusion for Irreducible Atlantoaxial Kyphosis in Rheumatoid Arthritis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(20):2708–2715. doi: 10.1097/00007632-200010150-00029
- 104.** Brito JNPO, Santos BAD, Nascimento IF, et al. Basilar invagination associated with chiari malformation type I: A literature review. *Clinics (Sao Paulo).* 2019;74:e653. doi: 10.6061/clinics/2019/e653
- 105.** Chang P-Y, Yen Y-S, Wu J-C, et al. The importance of atlantoaxial fixation after odontoidectomy. *J Neurosurg Spine.* 2016;24(2):300–308. doi: 10.3171/2015.5.SPINE141249
- 106.** Ahmed R, Traynelis VC, Menezes AH. Fusions at the craniovertebral junction. *Child's Nerv Syst.* 2008;24(10):1209–1224. doi: 10.1007/s00381-008-0607-7
- 107.** Grob D, Jeanneret B, Aebi M, Markwalder T. Atlanto-axial fusion with transarticular screw fixation. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(6):972–976. doi: 10.1302/0301-620X.73B6.1955447

**108.** Zhang B, Liu H, Cai X, et al. Biomechanical Comparison of Modified TARP Technique Versus Modified Goel Technique for the Treatment of Basilar Invagination. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(8):E459–E66. doi: 10.1097/BRS.0000000000001297

**109.** Li X, Wu Z, Xia H, et al. The development and evaluation of individualized templates to assist transoral C2 articular mass or

transpedicular screw placement in TARP-IV procedures: adult cadaver specimen study. *Clinics (Sao Paulo)*. 2014;69(11):750–757. doi: 10.6061/clinics/2014(11)08

**110.** Shkarubo AN, Chernov IV, Andreev DN. Transoral Removal of Ventrally Located Meningiomas of the Craniovertebral Junction. *World Neurosurg*. 2018;S1878-8750(18)32926-7. doi: 10.1016/j.wneu.2018.12.103

## ОБ АВТОРАХ

**Шкарубо Алексей Николаевич**, д.м.н.,

врач-нейрохирург;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3445-3115>;

eLibrary SPIN: 3420-3394; e-mail: ashkarubo@nsi.ru

**Назаренко Антон Герасимович**, д.м.н., профессор РАН,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1314-2887>;

eLibrary SPIN: 1402-5186; e-mail: cito@cito-priorov.ru

\* **Чернов Илья Валерьевич**, к.м.н., врач-нейрохирург;

адрес: Россия, 125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9789-3452>;

eLibrary SPIN: 3550-1153; e-mail: ichernov@nsi.ru

**Андреев Дмитрий Николаевич**, к.м.н.,

врач-нейрохирург;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5473-4905>;

eLibrary SPIN: 8516-7994; e-mail: dandreev@nsi.ru

**Кулешов Александр Алексеевич**, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

eLibrary SPIN: 7052-0220; e-mail: Cito-spine@mail.ru

**Коновалов Николай Александрович**, д.м.н.,

член-корреспондент РАН, врач-нейрохирург;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0824-1848>;

eLibrary SPIN: 9436-3719; e-mail: NAKonovlov@nsi.ru

**Лисянский Игорь Николаевич**, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

eLibrary SPIN: 9845-1251; e-mail: lisigornik@list.ru

**Синельников Михаил Егорович**, к.м.н.,

врач-онколог;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0862-6011>;

eLibrary SPIN: 6341-0943; e-mail: snlnkv15@icloud.com

## AUTHORS' INFO

**Aleksey N. Shkarubo**, MD, Dr. Sci. (Med.),

neurosurgeon;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3445-3115>;

eLibrary SPIN: 3420-3394; e-mail: ashkarubo@nsi.ru

**Anton G. Nazarenko**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor of RAS,

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1314-2887>;

eLibrary SPIN: 1402-5186; e-mail: cito@cito-priorov.ru

\* **Ilya V. Chernov**, MD, Cand. Sci. (Med.), neurosurgeon;

address: 16 Tverskaya-Yamskaya Str., 125047, Moscow, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9789-3452>;

eLibrary SPIN: 3550-1153; e-mail: ichernov@nsi.ru

**Dmitriy N. Andreev**, MD, Cand. Sci. (Med.),

neurosurgeon;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5473-4905>;

eLibrary SPIN: 8516-7994; e-mail: dandreev@nsi.ru

**Aleksandr A. Kuleshov**, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

eLibrary SPIN: 7052-0220; e-mail: Cito-spine@mail.ru

**Nikolay A. Konovlov**, MD, Dr. Sci. (Med.),

corresponding member of RAS, neurosurgeon;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0824-1848>;

eLibrary SPIN: 9436-3719; e-mail: NAKonovlov@nsi.ru

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

traumatologist-orthopedist;

eLibrary SPIN: 9845-1251; e-mail: lisigornik@list.ru

**Mikhail E. Sinelnikov**, MD, Cand. Sci. (Med.),

oncologist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0862-6011>;

eLibrary SPIN: 6341-0943; e-mail: snlnkv15@icloud.com

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author