

EDN: GYTSDI

УДК 616.71-006

DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_67



ВИНТОВАЯ КРАНИОВЕРТЕБРАЛЬНАЯ ФИКСАЦИЯ (ОКЦИПИТОСПОНДИЛОДЕЗ) С НАВИГАЦИОННЫМ КОНТРОЛЕМ В ЛЕЧЕНИИ ОПУХОЛЕВОЙ ПАТОЛОГИИ

Олег Иванович Кит¹

onko-sekretar@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3061-6108

Дмитрий Евгеньевич Закондырин²

✉russiandoctor@mail.ru, orcid.org/0000-0002-0925-415X

Андрей Анатольевич Гринь^{3,4}

http://orcid.org/0000-0003-3515-8329

Эдуард Евгеньевич Росторгуев¹

rostorguev@icloud.com, orcid.org/0000-0003-2937-0470

Юрий Леонидович Васильев²

orcid.org/0000-0003-3541-6068

Андрей Васильевич Гаврилов⁵

orcid.org/0000-0002-7838-584X

Владимир Олегович Карпунин⁶

orcid.org/0000-0001-7301-3775

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (14-я линия, д. 6, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344037)

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) (ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Москва, Российская Федерация, 119048)

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н. В. Склифосовского» Департамента здравоохранения города Москвы (Большая Сухаревская пл., д. 3, Москва, Российская Федерация, 129090)

⁴ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Островитянова, д. 1, Москва, Российская Федерация, 117997)

⁵ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (Ленинские горы, д. 1, Москва, Российская Федерация, 119991)

⁶ ООО «Гаммамед-Софт» (ул. Долгоруковская, д. 33, стр. 8, Москва, Российская Федерация, 127473)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. Окципитоспондилодез, или краниовертебральная фиксация, является распространенной технологией хирургического лечения различных патологических процессов в области первого и второго шейных позвонков, приводящих к нестабильности краниовертебрального сочленения.

ЦЕЛЬ. Анализ возможностей использования компьютерной навигации при выполнении окципитоспондилодеза с винтовой фиксацией шейных позвонков при опухолевой патологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. На 3 замороженных препаратах «голова-шея» трупов людей моделировали установку винтов в С1–С4-позвонки. Из заднего доступа оперированы 6 пациентов с метастатическим поражением С1–С2-позвонков с выполнением винтового окципитоспондилодеза.

РЕЗУЛЬТАТЫ. У оперированных пациентов с опухолями области верхнешейных позвонков при выполнении окципитоспондилодеза имплантация винтов на уровне С1–С2-позвонков была неактуальна. Использование для регистрации позвонков данных только предоперационной компьютерной томографии требовало регистрации каждого позвонка.

На трупном материале при установке винтов в боковые массы позвонков использование компьютерной навигации не требовалось, в отличие от установки педикулярных винтов. У 2 пациентов, оперированных по free-hand-методике, выявлены асимптотные мальпозиции 2 (12,5 %) винтов в боковых массах, при использовании компьютерной навигации мальпозиций винтов в боковых массах и ножках позвонков не выявлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Применение компьютерной навигации при операции окципитоспондилодеза у пациентов с опухолями краниовертебральной зоны и отсутствии большого опыта в винтовой фиксации в шейном отделе позвоночника оправданно как при транспедикулярной фиксации, так и при установке винтов в боковые массы субаксиальных позвонков, так как позволяет избежать асимптотных мальпозиций.

Ключевые слова: затылочно-шейная фиксация, краниовертебральные опухоли, шейные винты, навигация

Для цитирования: Кит О. И., Закондырин Д. Е., Гринь А. А., Росторгуев Э. Е., Гаврилов А. В., Карпунин В. О. Винтовая краниовертебральная фиксация (окципитоспондилодез) с навигационным контролем в лечении опухолевой патологии // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2025. Т. XVII, № 3. С. 67–76. DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_67.

CRANIOVERTEBRAL FUSION (OCCIPITOSPONDYLODESIS) UNDER NAVIGATION CONTROL IN TREATMENT OF TUMOR PATHOLOGY

Oleg I. Kit¹

onko-sekretar@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3061-6108

Dmitry E. Zakondyryn²

✉russiandoctor@mail.ru, orcid.org/0000-0002-0925-415X

Andrey A. Green^{3,4}

http://orcid.org/0000-0003-3515-8329

Eduard E. Rostorguev¹

rostorguev@icloud.com, orcid.org/0000-0003-2937-0470

Yuriy L. Vasil'ev²

orcid.org/0000-0003-3541-6068

Andrey V. Gavrilov⁵

orcid.org/0000-0002-7838-584X

Vladimir O. Karpunin⁶

orcid.org/0000-0001-7301-3775

¹ National Medical Research Centre for Oncology (6 Line 14, Rostov-on-Don, Russian Federation, 344037)

² I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (8 Trubetskaya str., bld. 2, Moscow, Russian Federation, 119048)

³ Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine (3 Bolshaya Sukharevskaya square, Moscow, Russian Federation, 129090)

⁴ Pirogov Russian National Research Medical University (1 Ostrovityanova street, Moscow, Russian Federation, 117997)

⁵ Lomonosov Moscow State University (1 Leninsky Gory, Moscow, Russian Federation, 119991)

⁶ Gammamed-Soft, Ltd (33 Dolgorukovskaya street, bld. 8, Moscow, Russian Federation, 127473)

Abstract

INTRODUCTION. Occipitospondylodesis or craniovertebral fixation is a common technology for surgical treatment of various pathological processes in the area of the first and second cervical vertebrae, leading to instability of the craniovertebral joint.

AIM. Analysis of the possibilities of using computer navigation in performing occipitospondylodesis with screw fixation of cervical vertebrae in tumor pathology.

MATERIALS AND METHODS. On 3 frozen head-neck human specimens the insertion of screws of C1–C4 vertebrae was simulated. From the posterior approach 6 patients with metastatic lesions of C1–C2 vertebrae were operated with the implementation of screw occipitospondylodesis.

RESULTS. In patients with tumors of the upper cervical vertebrae, implantation of screws at the C1–C2 level was not relevant during occipitospondylodesis. Using only preoperative CT data for vertebral registration required registration of each vertebra. In cadaveric material, when installing screws in the lateral masses of the vertebrae, the use of computer navigation was not required, in contrast to the installation of pedicle screws. In 2 patients operated on using the free-hand technique, asymptomatic malpositions of 2 (12.5 %) screws in the lateral masses were detected; when using computer navigation, no malpositions of screws in the lateral masses and pedicles were detected.

CONCLUSION. The use of computer navigation during occipitospindylodesis surgery in patients with craniovertebral tumors and the lack of extensive experience in screw fixation in the cervical spine is justified both for transpedicular fixation and for installing screws in the lateral masses of subaxial vertebrae, as it allows avoiding asymptomatic malpositions.

Keywords: occipitocervical fusion, craniovertebral tumors, cervical screws, navigation

For citation: Kit O. I., Zakondyryn D. E., Green A. A., Rostorguev E. E., Vasil'ev Yu. L., Gavrilov A. V., Karpunin V. O. *Craniovertebral fusion (occipitospindylodesis) under navigation control in treatment of tumor pathology. Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov. 2025;XVII(3):67–76. (In Russ.). DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_67.*

Введение

Окципитоспондилодез, или краниовертебральная фиксация, является распространенной технологией хирургического лечения различных патологических процессов в области первого и второго шейных позвонков, приводящих к нестабильности краниовертебрального сочленения [1]. Разработаны различные модификации данного вмешательства, наиболее современные из которых подразумевают использование специальных металлоконструкций, фиксируемых к чешуе затылочной кости кортикальными винтами, а к шейным позвонкам – винтами или ламинарными крючками. Ламинарные крючки используются как альтернатива винтам, устанавливаемым в боковые массы или ножки позвонков, что технически сопряжено с необходимостью контакта во время операции с позвоночной артерией, проходящей в поперечных отростках С2–С7-позвонков. По данным литературы, существует два подхода при выполнении окципитоспондилодеза (occipito-cervical fusion) с использованием винтов: винтовая фиксация с включением С1–С2-позвонков (и нередко С3) или установка винтов только в субаксиальном отделе (С3–С7, чаще С3–С4). Каждый из подходов имеет своих сторонников. Фиксация краниовертебрального сочленения до уровня С2 позволяет максимально сохранить подвижность в шейном отделе позвоночника, что особенно актуально у молодых пациентов и при неопухолевой патологии [2]. В то же время установка винтов в область С1–С2-позвонков сопряжена с большей интраоперационной кровопотерей вследствие вынужденного контакта хирурга с элементами венозного сплетения, а в хирургии опухолей краниовертебральной зоны, в отличие от оперативного лечения травматических и врожде-

денных деформаций, существует также и проблема невозможности установки винтов в пораженные опухолью С1–С2-позвонки [3]. Она может быть решена, например, с помощью методики интраламинарной винтовой фиксации С2-позвонка [4].

Установка винтов ниже С1-позвонка возможна как в ножки, так и в боковые массы. На уровне С2, вследствие массивности дуг позвонка, возможна имплантация винтов интраламинарно. Методика педикулярной фиксации является технически более сложной, чем винтовая фиксация с использованием боковых масс. Особенностью винтовой фиксации с использованием free-hand-методики в верхне- и среднешейном отделах позвоночника является ограниченность возможностей использования рентген-контроля. Решением может стать применение интраоперационной компьютерной навигации при имплантации винтов.

Цель исследования – анализ возможностей использования компьютерной навигации при выполнении окципитоспондилодеза с винтовой фиксацией шейных позвонков.

Материалы и методы

В процессе экспериментальной части исследования на 3 замороженных нативных препаратах «голова-шея» трупов людей моделировали типичный задний срединный доступ к шейному отделу позвоночника с обнажением нижних отделов чешуи затылочной кости, дуг и боковых масс С1–С4-позвонков. Препарат фиксировали в держателе, имитирующем скобу Мэйфилда, а референсную рамку с использованием специального клипса фиксировали к остистым отросткам С2–С4-позвонков. Выполняли визуальное сопоставление в ране и на экране рабочей станции навигационной системы то-

чек входа и направлений винтов, устанавливаемых по free-hand-методике с дополнительным контролем с использованием регистрационного зонда. Навигационный контроль осуществляли с использованием навигационной системы «Мультитрек» с регистрацией по методике сопоставления поверхностей на основании данных предварительно выполненной компьютерной томографии (КТ) препарата. Формирование каналов для винтов выполняли с использованием моторной системы Wojin.

Установка винта в боковую массу С1-позвонка выполнялась при ширине задней дуги >4 мм трансламинарно под прямым углом к поверхности кости либо под дугой в модификации notching с расположением точки входа в центре боковой массы с наклоном 10° кнутри и 10° краниально (рис. 1). Установка винта в боковую массу С2-позвонка выполнялась из расположения точки входа на 3 мм выше и 3 мм кнаружи от медиального края нижнего суставного отростка С2 с наклоном 10° кнутри и 30° краниально (рис. 2, а, б). Установка винта трансдидулярно выполнялась из точки, расположенной в верхнелатеральном квадрате боковой массы после ламинотомии, и под визуальным контролем внутреннего края ножки позвонка (примерно с наклоном 30° кнутри и 30° краниально) (рис. 2, в, г). Установка винтов в боковые массы С3 и С4 выполнялась из точки, расположенной на 1 мм книзу и 1 мм медиальнее центра боковой массы, в направлении к верхнему и наружному углам боковой массы (методика Riew) (рис. 3, а, б). Установка винтов в ножки С3 и С4 выполнялась из точки, расположенной в верхнелатеральном квадрате боковой массы после ламинотомии, и под визуальным контролем внутреннего края ножки позвонка (примерно с наклоном 25–45° кнутри) (рис. 3, в, д).

Возможность дополнительного контроля процесса при установке винтов по описанным в литературе free-hand-методикам с использованием регистрационного зонда позволила выявить их проблемные места, в то время как компьютерная навигация позволяет скорректировать ход оперативного вмешательства. Изучены также технические особенности, связанные с применением компьютерной навигации на различных уровнях при регистрации

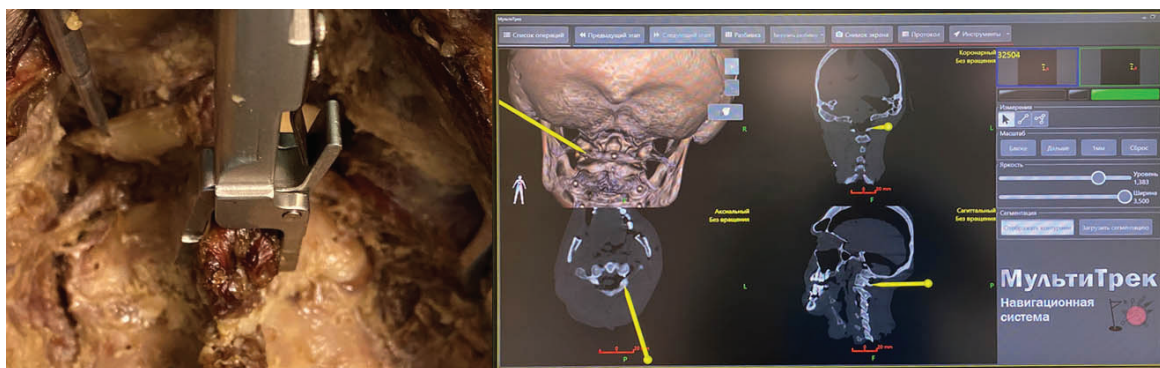
позвонков на основании данных предоперационной КТ (без возможности использования КТ интраоперационно).

Клиническая часть исследования выполнена в Отделении нейроонкологии Национального медицинского исследовательского центра онкологии (г. Ростов-на-Дону), где в период с 2018 по 2024 г. 6 пациентам с метастатическим поражением С1–С2-позвонков выполнили паллиативное хирургическое лечение в объеме окципитоспондилодеза с винтовой фиксацией шейного отдела позвоночника (рис. 4, б) и биопсией новообразования из заднего доступа. При этом 3 пациентам винты устанавливали по free-hand-методике с интраоперационным флюороскопическим контролем, а 3 больным – под контролем компьютерной навигации. Контроль положения установленных в позвонки винтов выполняли на основании данных контрольной КТ с использованием модифицированной для шейного отдела шкалы Gertzbein – Robbins [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов экспериментального исследования по сопоставлению данных на различных этапах установки винтов в боковые массы и ножки С1–С4-позвонков по известным free-hand-методикам, получаемых визуально и с использованием регистрационного зонда навигационной системы, позволили выявить следующие закономерности:

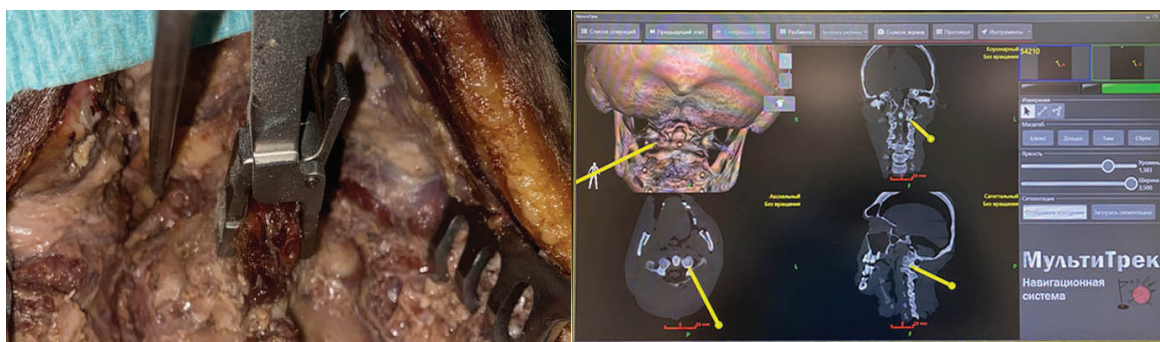
- 1) использование стандартных точек входа во всех случаях не требует коррекции с использованием компьютерной навигации;
- 2) использование стандартных методик установки винтов в С1 и боковые массы субаксиальных позвонков не встречает технических сложностей, коррекции направления хода винтов с использованием компьютерной навигации не требуется;
- 3) возникают технические сложности, и может потребоваться использование компьютерной навигации для коррекции направления винтов при их установке в боковые массы С2 во избежание проникновения их в канал позвоночной артерии;
- 4) установка винтов в ножки шейных позвонков при условии выполнения ламиното-



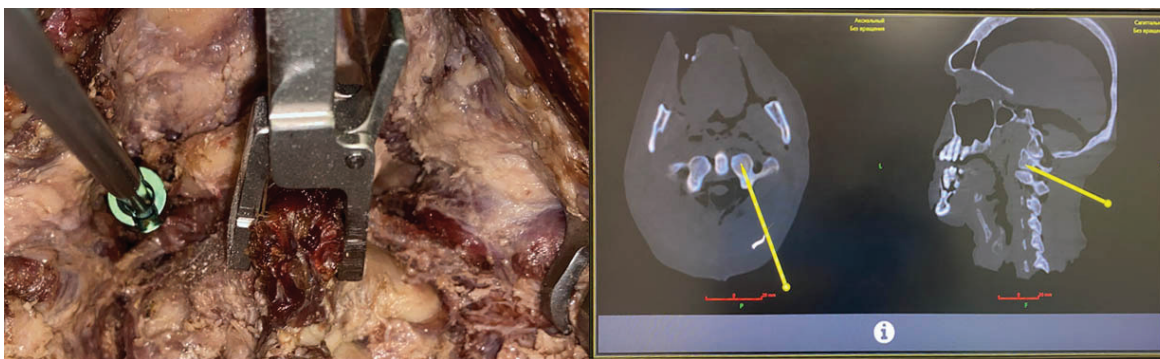
а



б



в



г

Рис. 1. Винтовая фиксация С1-позвонка. Трансламинарная: а – выбор точки входа; б – установка винта. Субламинарная: в – выбор точки входа; г – установка винта

Fig. 1. Screw fixation of the C1 vertebra. Translamina: a – selection of the entry point; б – screw installation. Sublaminar: в – selection of the entry point; г – screw installation



Рис. 2. Винтовая фиксация С2-позвонка. В боковую массу: а – выбор точки входа; б – установка винта. В ножку: в – выбор точки входа; г – пальпация медиального края ножки через ламинотомический дефект; д – установка винта
Fig. 2. Screw fixation of the C2 vertebra. Into the lateral mass: a – selection of the entry point; б – screw installation. Into the pedicle: в – selection of the entry point; г – palpation of the medial edge of the pedicle through the laminotomy defect; д – screw installation

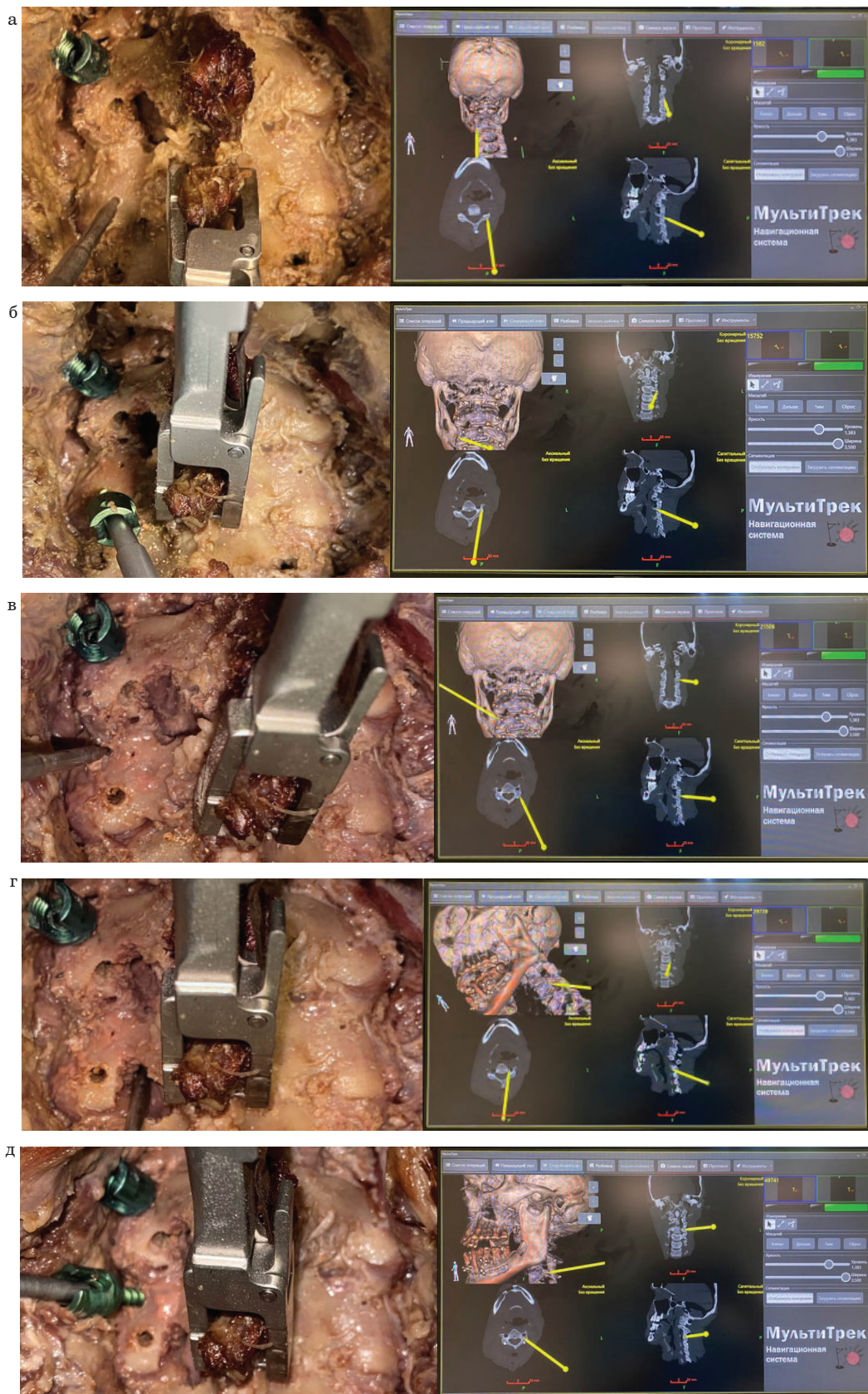


Рис. 3. Винтовая фиксация субаксиальных позвонков (С3). В боковую массу: а – выбор точки входа; б – установка винта. В ножку: в – выбор точки входа; г – пальпация медиального края ножки через ламинотомический дефект; д – установка винта
Fig. 3. Screw fixation of subaxial vertebrae (C3). Into the lateral mass: а – selection of entry point; б – screw placement. Into the pedicle: в – selection of entry point; г – palpation of the medial edge of the pedicle through the laminotomy defect; д – screw placement

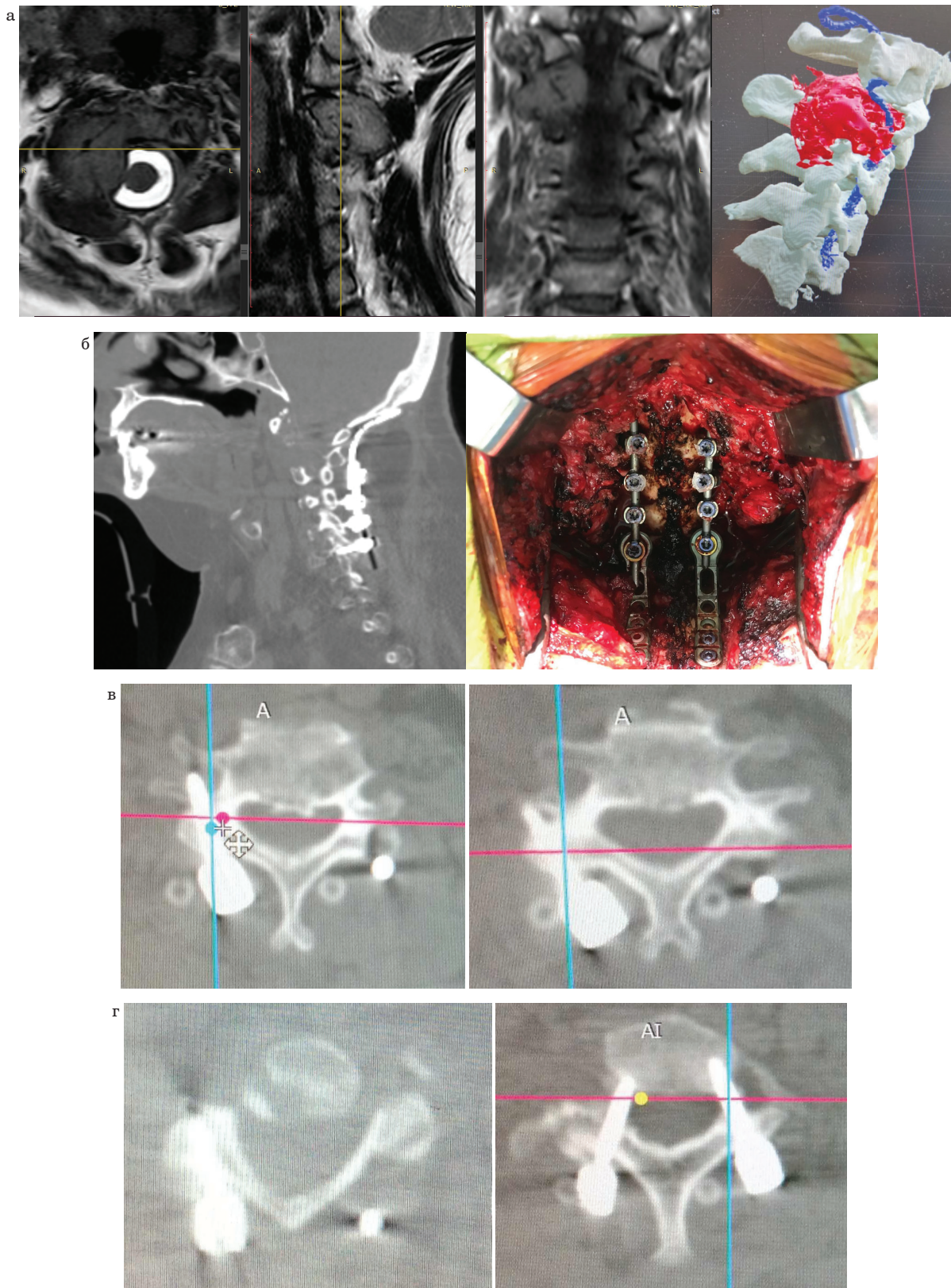


Рис. 4. Хирургическое лечение пациентов с опухолями краниовертебральной локализации: *а* – данные предоперационной МРТ и моделирования расположения опухоли по данным предоперационной КТ; *б* – окципитоспондилодез; *в* – варианты мальпозиции винтов, установленных в боковые массы; *г* – корректное расположение винтов в боковой массе и ножках шейного позвонка

Fig. 4. Surgical treatment of patients with tumors of craniocervical localization: *a* – data of preoperative MRI and modeling of tumor location based on preoperative CT data; *б* – occipitocervical fusion; *в* – variants of malposition of screws installed in the lateral masses; *г* – correct location of screws in the lateral mass and pedicles of the cervical vertebra

мии и медиального визуального контроля со стороны позвоночного канала возможна и без навигационного контроля, но может быть сопряжена с техническими сложностями (в большей степени для субаксиальных позвонков вследствие их малого диаметра их ножек).

Использование для регистрации позвонков данных только предоперационной КТ в условиях лаборатории для сохранения достаточной точности навигации (не более 0,5 мм) требовало регистрации каждого позвонка отдельно с перемещением референсной рамки на его остистый отросток. Данное наблюдение подтверждается данными других авторов [6, 7], указывающих на допустимость работы в шейном отделе на смежных с зарегистрированным позвонком сегментах только при регистрации с использованием интраоперационного КТ. Высокая мобильность шейного отдела позвоночника создает слишком большую погрешность в оценке реального положения позвонков на операционном столе на основании зафиксированного предоперационным КТ. Исключением являлся комплекс С1–С2-позвонков, который может быть зарегистрирован как единая структура с расположением референсной рамки на остистом отростке С2, но обязательным набором точек на задней поверхности дуг и боковых масс обоих позвонков.

Полученные данные использованы для планирования и выполнения оперативных вмешательств у пациентов с метастатическим поражением краниовертебральной зоны. Анализ данных нейровизуализации и моделирование расположения опухоли относительно спинномозгового канала и канала позвоночной артерии в предоперационном периоде потребовало у всех 6 пациентов отказаться от установки винтов с области С1–С2-позвонков ввиду опухолевой инфильтрации тел и боковых масс (рис. 4, а), фиксация выполнялась на уровне С3–С6-позвонков: у 3 больных фиксация заканчивалась на уровне С4, у 3 – на уровне С6. Винты устанавливались в боковые массы как с использованием free-hand-техники, так и под контролем навигации, транспедикулярно – только под контролем навигации.

Клинически значимых осложнений (нарастание неврологического дефицита, кровоте-

чение, ликворея), связанных с мальпозицией винтов, ни в одном случае выявлено не было. При анализе послеоперационных компьютерных томограмм у 2 пациентов, оперированных с использованием free-hand-методики, выявлены асимптомные мальпозиции 2 (12,5 %) винтов в боковых массах, не потребовавшие повторных операций (рис. 4, в). Ни у одного из пациентов, оперированных с использованием компьютерной навигации, не отмечалось мальпозиции винтов как в боковых массах, так и в ножках позвонков (рис. 4, г).

Заключение

Интраоперационная компьютерная навигация объективизирует процесс установки винтов в области шейных позвонков, позволяя в режиме реального времени оценить расположение точки входа и направления винта относительно спинномозгового канала и канала позвоночной артерии. При использовании стандартных free-hand-методик установка винтов в боковые массы С1 и среднешейных позвонков может быть выполнена и без использования компьютерной навигации, но при отсутствии большого практического опыта в винтовой шейной фиксации ее применение позволяет избежать асимптомных мальпозиций. Установка винтов в боковые массы С2-позвонка технически сложнее, и наличие навигационного контроля является полезным. Транспедикулярная фиксация в шейном отделе позвоночника должна проводиться либо под визуальным контролем медиальных поверхностей ножек позвонков со стороны спинномозгового канала, либо с использованием компьютерной навигации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the

study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

1. *Kit O. I., Zakondyryn D. E., Rostorguev E. E. u dr.* Опыт хирургического лечения метастатических опухолей позвонков краниовертебральной локализации // Южно-Российский онколог. журн. 2023. Т. 4, № 3. С. 6–11. [Kit O. I., Zakondyryn D. E., Rostorguev E. E., Rostorguev V. E., Maslov A. A. Experience in surgical treatment of vertebral metastatic tumors of craniovertebral localization. South Russian Journal of Cancer. 2023;4(3):6–11. (In Russ.).] Doi: 10.37748/2686-9039-2023-4-3-1.
2. *Joaquim A. F., Osorio J. A., Riew K. D.* Occipitocervical Fixation: General Considerations and Surgical Technique. *Global Spine J.* 2020;10(5):647–656. Doi: 10.1177/2192568219877878.
3. *Rustagi T., Mashaly H., Mendel E.* Posterior occiput-cervical fixation for metastasis to upper cervical spine. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2019;10(2):119–126. Doi: 10.4103/jcvjs.JCVJS_29_19.
4. *Sakisuka R., Hayashi H., Sugita Y., Hashikata H., Toda H.* Translaminar Screw Fixation for Giant C1 Lateral Mass Metastasis From Hepatocellular Carcinoma. *Cureus.* 2025;17(3):e81062. Doi: 10.7759/cureus.81062.
5. *Adamski S., Stogowski P., Roctawski M., Pankowski R., Kloc W.* Review of currently used classifications for pedicle screw position grading in cervical, thoracic and lumbar spine. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol.* 2023;88(4):165–171. Doi: 10.31139/chnriop.2023.88.4.2.
6. *Lange N., Meyer B., Meyer H. S.* Navigation for surgical treatment of disorders of the cervical spine – A systematic review. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2021;29(1_suppl):23094990211012865. Doi: 10.1177/23094990211012865.
7. *Shimokawa N., Takami T.* Surgical safety of cervical pedicle screw placement with computer navigation system. *Neurosurg Rev.* 2017;40(2):251–258. Doi: 10.1007/s10143-016-0757-0.

Сведения об авторах

Олег Иванович Кит – доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, генеральный директор Национального медицинского исследовательского центра онкологии (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Дмитрий Евгеньевич Закондырин – кандидат медицинских наук, доцент Института клинической медицины им. Н. В. Склифосовского Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Сеченовского Университета) (Москва, Россия);

Андрей Анатольевич Гринь – доктор медицинских наук, доцент, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий Научным отделением неотложной нейрохирургии Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н. В. Склифосовского (Москва, Россия); профессор кафедры фундаментальной нейрохирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова (Москва, Россия); главный внештат-

ный специалист – нейрохирург Департамента здравоохранения г. Москвы;

Эдуард Евгеньевич Росторгуев – доктор медицинских наук, доцент, заведующий Отделением нейроонкологии Национального медицинского исследовательского центра онкологии (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Юрий Леонидович Васильев – доктор медицинских наук, доцент, профессор Института клинической медицины им. Н. В. Склифосовского Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Сеченовского Университета) (Москва, Россия);

Андрей Васильевич Гаврилов – кандидат технических наук, заведующий лабораторией медицинских компьютерных систем Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д. В. Скобельцина Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия);

Владимир Олегович Карпунин – технический директор ООО «Гаммамед Софт» (Москва, Россия).

Information about the authors

Oleg I. Kit – Dr. of Sci. (Med.), Full Professor, Academic Member of the Russian Academy of Sciences, General Director, National Medical Research Centre for Oncology (Rostov-on-Don, Russia); Chief Freelance Oncologist of the Southern Federal District (Rostov-on-Don, Russia);

Dmitry E. Zakondyryn – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor at the N. V. Sklifosovsky Clinical Medicine Institute, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia);

Andrey A. Grin – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head at the Scientific Department of Emergency Neurosurgery, Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine (Moscow, Russia); Professor at the Department of Fundamental Neurosurgery, Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow,

Russia); Chief Freelance Neurosurgeon Specialist of the Moscow Healthcare Department;

Eduard E. Rostorguev – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head at the Department of Neurooncology, National Medical Research Centre for Oncology (Rostov-on-Don, Russia);

Yuriy L. Vasil'ev – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Professor at the N. V. Sklifosovsky Clinical medicine Institute, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia);

Andrey V. Gavrilov – Cand. of Sci. (Tech.), Head at the Laboratory of Medical Computer Systems, D. V. Skobeltsin Research Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia);

Vladimir O. Karpunin – Technical Director, Gammamed-Soft, Ltd (Moscow, Russia).

Поступила в редакцию 12.06.2025

Поступила после рецензирования 15.07.2025

Принята к публикации 10.09.2025

Received 12.06.2025

Revised 15.07.2025

Accepted 10.09.2025