

EDN: JXLOKK

УДК 616.71-006

DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_3_53



ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ НАВИГАЦИИ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С МЕТАСТАТИЧЕСКИМИ ОПУХОЛЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА

Олег Иванович Кит¹

onko-sekretar@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3061-6108, SPIN-код: 1728-0329

Дмитрий Евгеньевич Закондырин¹

✉russiandoctor@mail.ru, orcid.org/000000020925415X, SPIN-код: 7298-0181

Андрей Анатольевич Гринь^{2, 3}

orcid.org/0000-0003-3515-8329, SPIN-код: 2194-2598

Эдуард Евгеньевич Росторгуев¹

rostorguev@icloud.com, orcid.org/0000-0003-3515-8329, SPIN-код: 8487-9157

Борис Варосович Матевосян¹

md.bmate@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7612-8754

Владимир Эдуардович Росторгуев⁴

v.rostorguev@yandex.ru, orcid.org/0009-0008-9657-6739

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (14-я линия, д. 63, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344037)

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы» (Большая Сухаревская пл., д. 3, Москва, Российская Федерация, 129090)

³ 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, 117513)

⁴ Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (пер. Начихеванский, д. 29, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344022)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. Интерес к использованию в хирургии навигационных систем неуклонно растет. Шкала Gertzbein – Robbins удобна для оценки точности различных навигационных систем в условиях лаборатории и сравнения навигируемой и флуороскопически контролируемой методик транспедикулярной фиксации в клинике.

ЦЕЛЬ. Анализ результатов использования интраоперационной компьютерной навигации при транспедикулярной фиксации в хирургическом лечении пациентов с метастатическим поражением позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследование включены 60 больных с метастатическим поражением позвоночника, оперированных в период с 01.01.2018 по 31.12.2023. Всем пациентам выполнено паллиативное хирургическое лечение, включающее в себя транспедикулярную фиксацию с использованием интраоперационной компьютерной навигации BrainLab (группа нТПФ, n=30) или под контролем С-дуги и техники «свободной руки» (группа ТПФ, n=30).

РЕЗУЛЬТАТЫ. По результатам теста Манна – Уитни получено достоверное различие средней силы между группами по степени мальпозиции установленных педикулярных винтов ($p=0,005$), мальпозированные винты преобладали в группе ТПФ. Статистически достоверных отличий между группами нТПФ и ТПФ по продолжительности оперативных вмешательств, интраоперационной кровопотере и продолжительности госпитализации выявлено не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Использование компьютерной навигации в хирургическом лечении метастатических опухолей позволяет достоверно улучшить качество стабилизации позвоночника и снизить риск послеоперационных осложнений, исключив мальпозицию педикулярных винтов более 4 мм, а также уменьшить лучевую нагрузку на пациента.

Ключевые слова: опухоли позвоночника, интраоперационная компьютерная навигация, транспедикулярная фиксация

Для цитирования: Кит О. И., Закондырин Д. Е., Гринь А. А., Росторгуев Э. Е., Матевосян Б. В., Росторгуев В. Э. Опыт применения интраоперационной навигации в хирургическом лечении пациентов с метастатическими опухолями позвоночника // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2024. Т. XVI, № 3. С. 53–61. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_3_53.

EXPERIENCE IN USING INTRAOPERATIVE NAVIGATION IN SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH METASTATIC SPINE TUMORS

Oleg I. Kit¹

onko-sekretar@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3061-6108, SPIN-code: 1728-0329

Dmitry E. Zakondyrin¹

✉russiandoctor@mail.ru, orcid.org/000000020925415X, SPIN-code: 7298-0181

Andrey A. Grin^{2, 3}

orcid.org/0000-0003-3515-8329, SPIN-code: 2194-2598

Eduard E. Rostorguev¹

rostorguev@icloud.com, orcid.org/0000-0003-3515-8329, SPIN-code: 8487-9157

Boris V. Matevosyan¹

md.bmate@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7612-8754

Vladimir E. Rostorguev⁴

v.rostorguev@yandex.ru, orcid.org/0009-0008-9657-6739

¹ National Medical Research Centre for Oncology

(63 14 Line, Rostov-on-Don, Russian Federation, 344037)

² Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine

(3 Bolshaya Sukharevskaya square, Moscow, Russian Federation, 129090)

³ N. I. Pirogov Russian National Research Medical University

(1 Ostrovityanova street, Moscow, Russian Federation, 117513)

⁴ Rostov State Medical University (29 Nachikhevansky Lane, Rostov-on-Don, Russian Federation, 344022)**Abstract**

INTRODUCTION. Interest in the use of navigation systems in surgery is steadily growing. The use of the Gertzbein – Robbins scale is convenient for assessing the accuracy of various navigation systems in the laboratory and comparing navigable and fluoroscopically controlled pedicle fixation techniques in the clinic.

AIM. Analysis of the results of using intraoperative image-guided navigation for transpedicular fixation in the surgical treatment of patients with metastatic lesions of the spine.

MATERIALS AND METHODS. The study included 60 patients with metastatic lesions of the spine, operated on from January 1, 2018 to December 31, 2023. All patients underwent palliative surgical treatment, including transpedicular fixation using BrainLab intraoperative image-guided navigation (nTPF group, n=30) or under C-arm control and the «free-hand» technique (TPF group, n=30).

RESULTS. The Mann – Whitney test revealed a significant difference in the mean strength between the groups according to the degree of malposition of the installed pedicle screws ($p=0.005$); malpositioned screws predominated in the TPF group. There were no statistically significant differences between the nTPF and TPF groups in the duration of surgical interventions, intraoperative blood loss and length of hospitalization.

CONCLUSION. The use of image-guided navigation in the surgical treatment of metastatic tumors can significantly improve the quality of spinal stabilization and reduce the risk of postoperative complications, eliminating malposition of pedicle screws of more than 4 mm, and also reduce radiation exposure to the patient.

Keywords: spine tumors, intraoperative image-guided navigation, transpedicular fixation

For citation: Kit O. I., Zakondyrin D. E., Grin A. A., Rostorguev E. E., Matevosyan B. V., Rostorguev V. E. Experience in using intraoperative navigation in surgical treatment of patients with metastatic spine tumors. *Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov*. 2024;XVI(3):53–61. DOI: 10.56618/2071–2693_2024_16_3_53.

Введение

Интерес к использованию в хирургии навигационных систем неуклонно растет. По данным информационного портала Pubmed, количество публикаций по применению интраоперационной навигации с середины 80-х гг. прошлого века постоянно увеличивается, достиг-

нув к 2024 г. числа более 6000. Первое развернутое сообщение об использовании интраоперационной навигации в хирургии опухолей позвоночника сделал I. H. Kalfas (2001). Автором была подробно описана техника применения компьютерной навигации при транспедикулярной фиксации и атланта-аксиальной

транспедикулярной фиксации. P. D. Kelly et al. [1], проанализировав накопленный опыт использования интраоперационной навигации в спинальной онкологии, сформировали основные цели применения: 1) установка стабилизирующих позвоночный столб систем; 2) определение границ резекции; 3) локальная абляция опухолей позвонков.

Транспедикулярная фиксация является на сегодняшний день наиболее распространенным методом стабилизации позвоночника, и одним из главных ее недостатков является относительная техническая сложность правильного позиционирования винтов и возможность их установки за пределы ножек позвонков (мальпозиции). Наиболее опасна медиальная мальпозиция винта, когда возможен контакт с твердой мозговой оболочкой и спинным мозгом. Мальпозиция до 2 мм считается безопасной и никогда не сопровождается неврологическими проявлениями. Осложнения, связанные с неправильной установкой педикулярных винтов, редки и встречаются не более чем в 0,5 % случаев и всегда при мальпозиции винта 4 мм и более [2, 3]. Данные факты были положены в основу шкалы мальпозиции винтов S. D. Gertzbein и S. E. Robbins (1990). Согласно шкале Gertzbein – Robbins, все варианты мальпозиции винтов можно описать пятью типами: тип А – мальпозиция винта отсутствует, винт установлен по центру ножки позвонка (рис. 1, а); тип В – имеется перфорация кортикального слоя ножки с мальпозицией винта за ее пределы не более 2 мм (рис. 1, б); тип С – мальпозиция винта за пределы ножки составляет от 2 до 4 мм (рис. 1, в); тип D – мальпозиция винта за пределы ножки составляет от 4 до 6 мм (рис. 1, г); тип Е – мальпозиция винта за пределы ножки составляет более 6 мм.

Использование шкалы Gertzbein – Robbins удобно для оценки точности различных навигационных систем в условиях лаборатории [4] и сравнения навигируемой и флуороскопически контролируемой методик транспедикулярной фиксации в клинике [5].

Цель исследования – анализ результатов использования интраоперационной компьютерной навигации при транспедикулярной

фиксации в хирургическом лечении пациентов с метастатическим поражением позвоночника.

Материалы и методы

В исследование включены 60 больных с метастатическим поражением позвоночника, оперированных в период с 01.01.2018 по 31.12.2023 в Национальном медицинском исследовательском центре онкологии (г. Ростов-на-Дону).

Критериями включения в исследование были подтвержденный метастатический характер новообразования позвоночника, одностороннее поражение с расположением опухоли в теле позвонка.

Всем пациентам при поступлении выполняли компьютерную томографию (КТ) органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза, а также магнитно-резонансную томографию (МРТ) пораженного отдела позвоночного столба. Для оценки неврологического статуса и состояния пациентов использовали шкалу Фрэнкеля. Уровень нестабильности оценивали по шкале SINS.

Всем пациентам выполнено паллиативное хирургическое лечение, включающее в себя транспедикулярную фиксацию на один уровень выше и один уровень ниже пораженного позвонка с использованием интраоперационной компьютерной навигации с помощью универсальной платформы BrainLab Curve Navigation (группа нТПФ, n=30) (рис. 2) или под контролем С-дуги Philips Zenition 70 и техники «свободной руки» (группа ТПФ, n=30), в случае поражения груднопоясничного или пояснично-крестцового перехода выполнялась фиксация трех двигательных сегментов.

Установку педикулярных винтов с использованием компьютерной навигации Brain Lab выполняли по стандартной методике. Для предоперационного планирования и интраоперационной навигации использовали данные компьютерной томографии пораженного сегмента, которые перед началом операции загружали в навигационную станцию. В процессе регистрации пациента проводили сопоставление виртуальной модели и анатомических структур пациента (рис. 2, а). После проведения регистрации инструментария (рис. 2, б) выполняли высверливание канала навигируемой

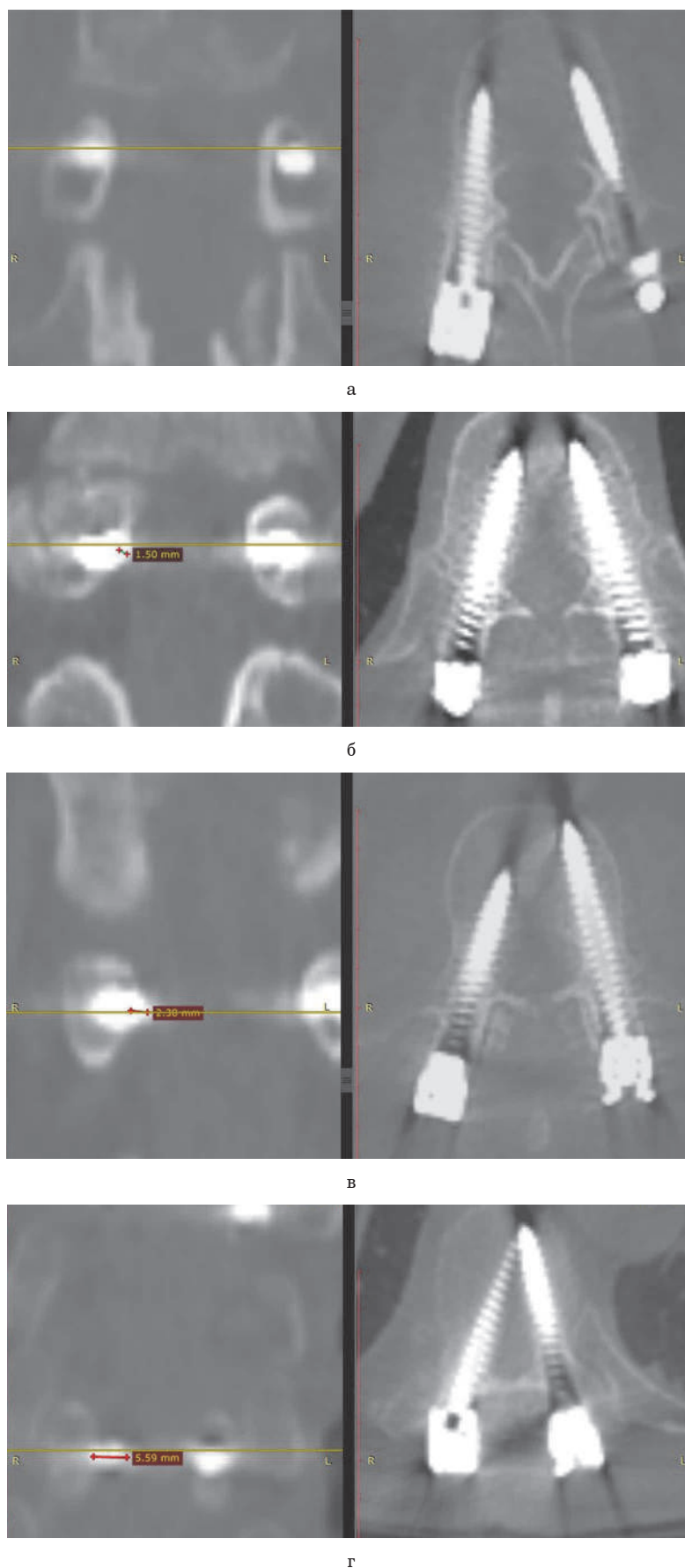


Рис. 1. Типы мальпозиции педикулярных винтов по шкале Gertzbein – Robbins: *а* – тип А (пациентка Б.); *б* – тип В (пациентка М.); *в* – тип С (пациент К.); *г* – тип D (пациент С.)

Fig. 1. Types of pedicular screw malposition in Gertzbein – Robbins scale: *a* – type A; *б* – type B; *в* – type C; *г* – type D

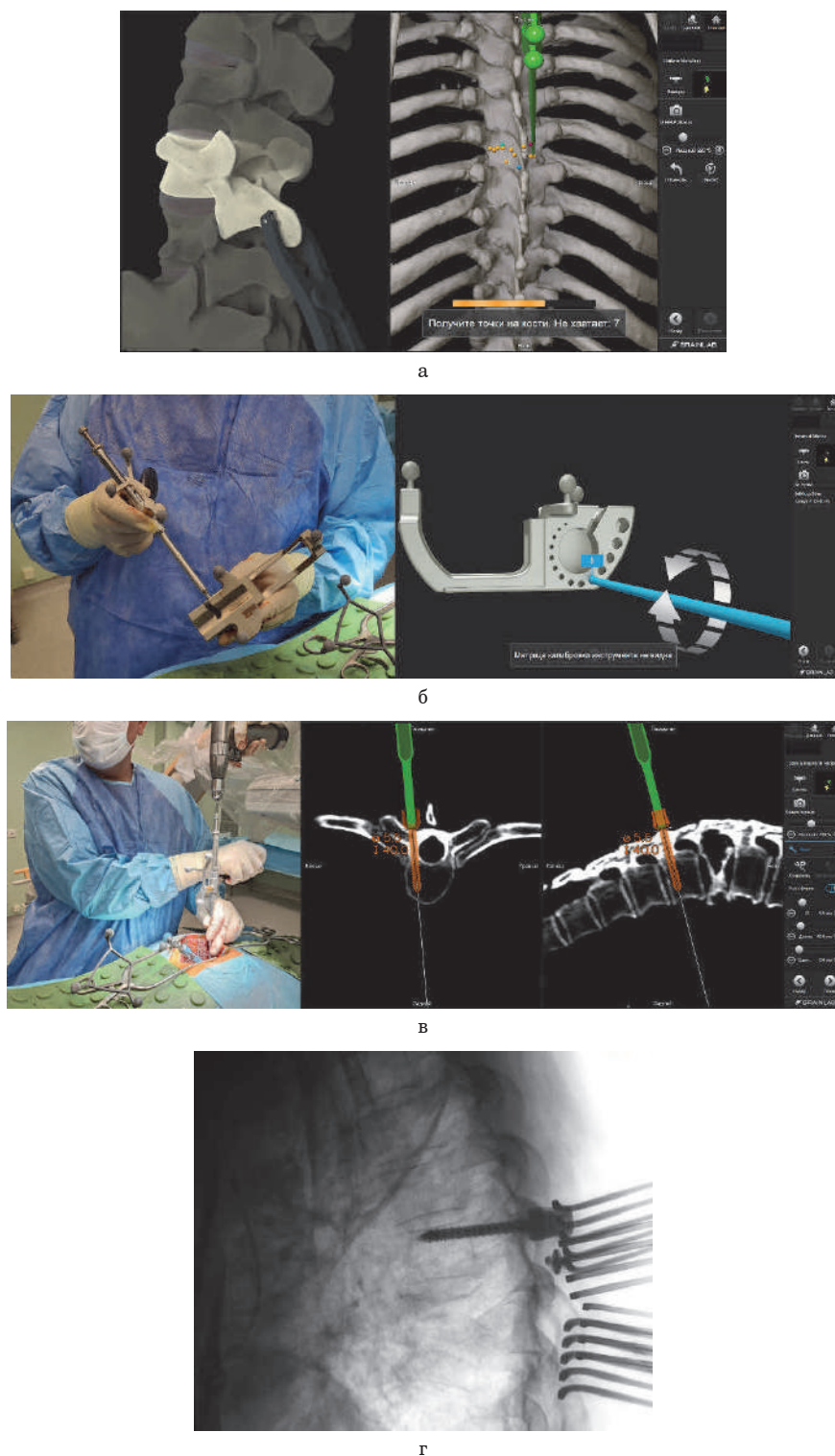


Рис. 2. Использование интраоперационной компьютерной навигации BrainLab в хирургическом лечении пациентов с опухолями позвонков: *а* – регистрация пациента по методике сопоставления поверхностей; *б* – регистрация направителя сверла; *в* – высверливание канала для педикулярного винта навигируемой дрелью; *г* – контроль положения винта с использованием С-дуги

Fig. 2. The use of BrainLab intraoperative computer navigation in the surgical treatment of patients with vertebral tumors: *a* – registration of the patient according to the method of surface comparison; *б* – registration of the drill guide; *в* – drilling of the channel for the pedicular screw with a navigable drill; *г* – control of the screw position using a C-arc

дрелью для заданного по длине и диаметру педикулярного винта (рис. 2, *в*) и его импланта-

цию в запланированную позицию с контролем положения С-дугой (рис. 2, *г*).

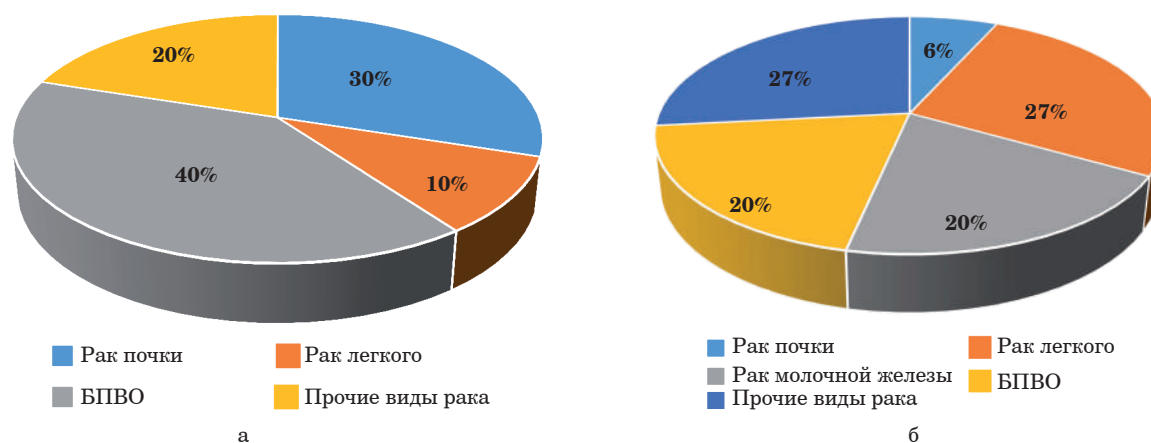


Рис. 3. Гистологическая природа первичной опухоли в группах больных: а – нТПФ; б – ТПФ
Fig. 3. Histological nature of the primary tumor in groups of patients: а – nTPF; б – TPF

Группы пациентов были однородны по возрасту, выраженности нестабильности пораженного сегмента, количеству установленных

педикулярных винтов и неоднородны по полу и клиническим особенностям (табл. 1).

Таблица 1. Демографические и клинические характеристики групп пациентов

Table 1. Demographic and clinical characteristics of patient groups

Признак	Группа нТПФ (n=30, n (%))	Группа ТПФ (n=30, n (%))	P
Возраст, лет, Me [Q1; Q3]	57 [46; 65]	58 [50; 67]	>0,05
Пол: мужской женский	9 (30) 21 (70)	14 (47) 16 (53)	– –
Нестабильность по SINS, баллы, Me [Q1; Q3]	6 [6; 8]	7 [5; 8]	>0,05
Степень эпи- дуральной ком- прессии: 0 (компрессия корешка) 1 2 3	12 (40) 6 (20) 9 (30) 3 (10)	6 (20) 12 (40) 6 (20) 6 (20)	– – – –
Неврологиче- ский статус по шкале Фрэнкеля: E D C A+B	27 (90) 3 (10) 0 0	22 (72) 2 (7) 4 (14) 2 (7)	– – – –
Количество установленных педикулярных винтов: общее у одного паци- ента	132 (4,4±0,21)	132 (4,4±0,21)	– >0,05

Оперативные вмешательства выполнялись тремя хирургами пациентам группы нТПФ и четырьмя хирургами пациентам группы ТПФ, при этом 70 % вмешательств в группе нТПФ и 33 % операций в группе ТПФ выполнялись одним и тем же врачом (хирург Р.).

После операции всем пациентам выполняли компьютерную томографию и оценку положения установленных педикулярных винтов согласно шкале Gertzbein – Robbins с использованием бесплатного приложения Radiant Dicom Viewer версии 2023.1 (64-bit).

Данные о гистологической природе первичных опухолей в группах больных приведены на рис. 3.

Исследование дозовых нагрузок на пациентов проводилось путем ретроспективного анализа эффективных доз облучения, которые определялись расчетным методом по формулам, приведенным в МУ 2.6.1.2944-4 [6].

Необходимые данные пациентов фиксировали в электронной базе Microsoft Excel, после чего проводили анализ данных в программе Statistica 7.0. Для каждой группы показателей определяли тип распределения данных (построение гистограмм по критерию согласия Колмогорова – Смирнова). Если применение критерия показывало нормальное распределение данных, для описания использовали среднее, ошибку среднего ($M \pm m$). При отклонении распределения от нормального закона

для описания использовали значения медианы, 1-го и 3-го квартилей (Me [Q1; Q3]), а при дальнейшем сравнении групп – методы непараметрической статистики. При сравнении двух независимых групп использовали критерий Манна – Уитни, при сравнении связанных переменных – тест Уилкоксона. Уровень силы связи оценивали по следующим критериям: $r > 0,01 \leq 0,29$ – слабая положительная связь; $r > 0,30 \leq 0,69$ – умеренная положительная связь; $r > 0,70 \leq 1,00$ – сильная положительная связь; $r > -0,01 \leq -0,29$ – слабая отрицательная связь; $r > -0,30 \leq -0,69$ – умеренная отрицательная связь; $r > -0,70 \leq -1,00$ – сильная отрицательная связь. Пороговый уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05: $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость; $p \leq 0,01 > 0,001$ – статистическая значимость средней силы; $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

Исследование одобрено Комитетом по биомедицинской этике при Национальном медицинском исследовательском центре онкологии (выписка из протокола заседания № 118 от 02.06.2022).

Результаты

Всего в результате исследования 60 пациентам было установлено 264 педикулярных винта. Положение установленных винтов в группах пациентов согласно шкале Gertzbein – Robbins приведено в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика установленных педикулярных винтов в группах пациентов
Table 2. Characteristics of installed pedicle screws in patient groups

Положение педикулярных винтов	Группа нТПФ (n=132), n (%)	Группа ТПФ (n=132), n (%)
Винты, установленные без перфорации кортикального слоя ножки позвонка (А)	120 (91)	108 (82)
Мальпозиции винтов <2 мм (В):	12 (9)	14 (10)
из них медиально	6 (4,5)	12 (9)
из них латерально	6 (4,5)	2 (1)
Мальпозиции винтов >2 мм (С-Д)*:	0	10 (7)
из них медиально		8 (6)
из них латерально		2 (1)

* – тип Е мальпозиции педикулярных винтов по шкале Gertzbein – Robbins не встречался.

При использовании теста Манна – Уитни получено достоверное различие средней силы между группами по степени мальпозиции установленных педикулярных винтов ($p=0,005$), мальпозированные винты преобладали в группе ТПФ.

Хирургом Р. больным в группе нТПФ установлено 90 педикулярных винтов, в группе ТПФ – 48. Сравнение пациентов, оперированных данным врачом, в группах нТПФ и ТПФ по степени мальпозиции установленных винтов также выявило наличие достоверного различия между группами средней силы ($p=0,01$), мальпозированные винты также преобладали в группе ТПФ.

Периоперационные характеристики оперативных вмешательств, выполненных пациентам в группах, приведены в табл. 3.

Таблица 3. Периоперационные характеристики выполненных оперативных вмешательств
Table 3. Perioperative characteristics of performed surgical interventions

Характеристика	Группа нТПФ (n=10)	Группа ТПФ (n=15)	P
Продолжительность операции, мин, Me [Q1; Q3]	212,5 [194; 248]	265 [240; 320]	0,04*
Время интраоперационной флуороскопии, с, Me [Q1; Q3]	56 [52; 66]	98 [96; 104]	<0,01*
Эффективная доза облучения пациента за процедуру, мЗв, Me [Q1; Q3]	0,48 [0,35; 0,6]	1,2 [0,9; 1,6]	<0,01*
Интраоперационная кровопотеря, мл, Me [Q1; Q3]	250 [200; 500]	400 [300; 500]	>0,05
Продолжительность госпитализации, сутки, Me [Q1; Q3]	20 [19; 21]	20 [17; 26]	>0,05

* – статистически значимое отличие между группами.

Выявлено статистически достоверное незначительное отличие между группами нТПФ и ТПФ по продолжительности оперативных вмешательств, высокой статистической значимости отличие по величине эффективной дозы облучения пациента и времени интраоперационной флуороскопии, по интраоперационной кровопотере и продолжительности госпитализации статистически достоверных отличий между группами выявлено не было.

Интра- и послеоперационных осложнений в группах пациентов не отмечено, мальпозиция винтов ни в одном случае не была симптомной.

Данные литературы показывают, что одним из важнейших достоинств интраоперационной компьютерной навигации является повышение точности установки педикулярных винтов в сравнении с «free-hand»-методикой, а именно – снижение частоты мальпозиций винтов более 2 мм до 4,6–6% от общего числа против 15–16 % при «free-hand»-методике и контроле латеральной флуороскопией [7]. Авторы также указывают на отсутствие различий между группами больных по частоте послеоперационных осложнений. Таким образом, интраоперационная компьютерная навигация не только увеличивает точность позиционирования педикулярных винтов, но существенно не влияет на частоту симптомных мальпозиций. В данном исследовании в группе нТПФ не выявлено случаев мальпозиций винтов более 2 мм, а частота мальпозиций типа С по шкале Gertzbein – Robbins в группе ТПФ составила всего 7 % при отсутствии послеоперационных осложнений, что, вероятно, обусловлено относительно небольшой выборкой. Важным фактом является то, что достоверно более точное позиционирование винтов в группе нТПФ, по сравнению с группой ТПФ, получено на примере работы одного и того же врача, что объективизирует полученные результаты.

Различные авторы указывают также другие преимущества использования интраоперационной компьютерной навигации в хирургии позвоночника – сокращение времени оперативного вмешательства, снижение интраоперационной кровопотери и уменьшение лучевой нагрузки на пациента [8, 9]. По результатам проведенного исследования выявлено незначительное достоверное различие в группах нТПФ и ТПФ по продолжительности операции и отсутствие его по объему кровопотери, однако отмечается тенденция к большей продолжительности операции и кровопотере при оперативных вмешательствах без использованием навигации. Влияние использования интраоперационной компьютерной навигации на продолжительность

операции, согласно данным литературы, неоднозначно. Ряд авторов указывают на отсутствие такого влияния или даже удлинение общего времени вмешательства, но сокращение продолжительности интраоперационной флуороскопии [10]. Это подтверждается данными нашего исследования, по результатам которого выявлено достоверное снижение эффективной дозы облучения пациента и времени интраоперационной флуороскопии, что, безусловно, имеет большее значение, чем сокращение общей продолжительности вмешательства.

Заключение

Использование компьютерной навигации в хирургическом лечении метастатических опухолей позволяет достоверно улучшить качество стабилизации позвоночника и снизить риск послеоперационных осложнений, исключив мальпозицию педикулярных винтов более 4 мм, а также уменьшить лучевую нагрузку на пациента.

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. Kelly P. D., Zuckerman S. L., Yamada Y., Lis E., Bilsky M. H., Laufer I., Barzilai O. Image guidance in spine tumor surgery. *Neurosurg Rev.* 2020.43(3):1007–1017. Doi: 10.1007/s10143-019-01123-2.
2. Кит О. И., Закондырин Д. Е., Гринь А. А. и др. Осложнения в хирургическом лечении опухолей позвоночника с компрессией спинного мозга и его корешков // Рос. нейрохирург. журн. им. проф. А. Л. Поленова. 2021. Т. 13, № 4. С. 45–50. [Kit O. I., Zakondyrin D. E., Grin A. A., Rostorguev E. E., Yundin S. V. Complications of surgical treatment of vertebral tumors with compression of the spinal cord and its roots. *Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov.* 2021;13(4):25–50. (In Russ.)]. EDN: XGTTRQ.

3. Adamski S., Stogowski P., Roclawski 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.
4. Beisemann N., Gierse J., Mandelka E., Hassel F., Grützner P. A., Franke J., Vetter S. Y. Comparison of three imaging and navigation systems regarding accuracy of pedicle screw placement in a sawbone model *Sci Rep.* 2022;12(1):12344. Doi: 10.1038/s41598-022-16709-y.
5. Budu A., Sims-Williams H., Radatz M., Bacon A., Bhattacharyya D., Athanassacopoulos M., Ivanov M. Comparison of Navigated versus Fluoroscopic-Guided Pedicle Screw Placement Accuracy and Complication Rate *World Neurosurg.* 2020;(144):e541–e545. Doi: 10.1016/j.wneu.2020.08.207.
6. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований: метод. указ. МУ 2.6.1.2944-11 / Роспотребнадзор. М., 2011. [Control of effective radiation doses to patients during medical X-ray examinations: Guidelines MU 2.6.1.2944-11; Rospotrebnadzor. Moscow; 2011. (In Russ.)].
7. Rawicki N., Dowdell J. E., Sandhu H. S. Current state of navigation in spine surgery *Ann Transl Med.* 2021;9(1):85. Doi: 10.21037/atm-20-1335.
8. Ivanov M., Radatz M. Role of Navigation in the Surgery of Spine Tumours *Acta Neurochir Suppl.* 2023;(135):173–178. Doi: 10.1007/978-3-031-36084-8_28.
9. Otomo N., Funao H., Yamanouchi K., Isogai N., Ishii K. Computed Tomography-Based Navigation System in Current Spine Surgery: A Narrative Review. *Medicina (Kaunas).* 2022;58(2):241. Doi: 10.3390/medicina58020241.
10. Karkenny A. J., Mendelis J. R., Geller D. S., Gomez J. A. The role of intraoperative navigation in orthopaedic surgery. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;(27):e849–858. Doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00478.

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, докторант Отделения нейроонкологии Национального медицинского исследовательского центра онкологии (г. Ростов-на-Дону, 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 внештатный специалист-нейрохирург Департамента здравоохранения г. Москвы (Москва, Россия).

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

Борис Варосович Матевосян – врач-нейрохирург Отделения нейроонкологии Национального медицинского исследовательского центра онкологии (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Владимир Эдуардович Росторгуев – врач – травматолог-ортопед, аспирант кафедры травматологии и ортопедии, лечебной физкультуры и спортивной медицины Ростовского государственного медицинского университета (г. Ростов-на-Дону, Россия).

Information about the authors

Oleg I. Kit – Dr. of Sci. (Med.), Full Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, General Director, National Medical Research Center for Oncology (Rostov-on-Don, Russia);

Dmitry E. Zakondyrin – Cand. of Sci. (Med.), Research Fellow at the Department of Neurooncology, National Medical Research Center for Oncology (Rostov-on-Don, 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, N. I. 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 Center for Oncology (Rostov-on-Don, Russia);

Boris V. Matevosyan – Neurosurgeon at the Department of Neurooncology, National Medical Research Center for Oncology (Rostov-on-Don, Russia);

Vladimir E. Rostorguev – Orthopedic Traumatologist, Postgraduate Student at the Department of Traumatology and Orthopedics, Physical Therapy and Sports Medicine, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russia).

Принята к публикации 26.08.2024

Accepted 26.08.2024