

УДК [616.284:616.289]-089  
<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-1-84-89>

## Применение навигационных систем в хирургическом лечении пациентов с деструктивной патологией височной кости

М. Ш. Рахматуллаев<sup>1</sup>, Х. М. Диаб<sup>1,2</sup>, Л. И. Терехина<sup>1</sup>, Ш. Б. Гулямов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-клинический центр оториноларингологии,  
Москва, 123182, Россия

<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова,  
Москва, 117197, Россия

## The use of the navigation systems in the surgical treatment of the patients with destructive pathology of the temporal bone

M. Sh. Rakhmatullaev<sup>1</sup>, Kh. M. Diab<sup>1,2</sup>, L. I. Terekhina<sup>1</sup>, Sh. B. Gulyamov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Scientific and Clinical Center of Otorhinology,  
Moscow, 123182, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University,  
Moscow, 117997, Russia

В статье проведен анализ данных литературы по использованию навигационной системы, об особенностях ее применения в различных отраслях отохирургии, о различных методах применения этой технологии. Сложная анатомия височной кости и основания черепа содержит многочисленные жизненно важные структуры. Хирургия в этой области сопровождается высоким риском осложнений с возможным повреждением лицевого нерва, улитки, полукружных каналов, твердой мозговой оболочки, луковицы яремной вены и сонной артерии. Системы хирургической навигации помогают точно определять расположение анатомических структур при различных хирургических вмешательствах. Принцип действия основан на отслеживании положения хирургических инструментов за счет электромагнитного поля или оптическим способом. Положение инструмента синхронизируется с трехмерной моделью анатомической области, построенной по данным компьютерной томографии или магнитно-резонансной томографии. Использование системы позволяет хирургу точно ориентироваться в сложной анатомии во время проведения операций и с минимальной травмой для окружающих тканей осуществлять хирургические манипуляции. Во время операции немалая часть времени и усилий тратится на верификацию структур среднего уха, особенно при изменении нормальной анатомии височной кости вследствие патологического процесса или ранее проведенных операций. Наличие неподвижных постоянных костных ориентиров, позволяющих калибровать навигационную систему, обеспечивает точность навигации. При использовании навигационного устройства манипуляции становятся более точными и менее инвазивными.

**Ключевые слова:** среднее ухо, височная кость, электромагнитная навигационная система, отохирургия, гломусная опухоль, новообразования, хирургическое лечение, осложнения.

**Для цитирования:** Рахматуллаев М. Ш., Диаб Х. М., Терехина Л. И., Гулямов Ш. Б. Применение навигационных систем в хирургическом лечении пациентов с деструктивной патологией височной кости. *Российская оториноларингология*. 2020;19(1):84–89. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-1-84-89>

The article analyzes the literature data on the use of the navigation system, the specificity of its application in various fields of otosurgery and various methods of application of this technology. The complex anatomy of the temporal bone and the cranial base contains numerous vital structures. Surgery in this region is always associated with the high risk of complications with various damages of the facial nerve, cochlea, semicircular ducts, dura mater, jugular vein bulb and carotid artery. Surgical navigation systems help to accurately determine the location of anatomical structures during various surgical interventions. The principle of operation is based on tracking the position of surgical instruments due to electromagnetic field or by optical method. The position of the instrument is synchronized with a 3D-model of the anatomical region, built according to CT or MRI. The use of the system allows the surgeon to accurately navigate in the complex anatomy during operations and perform surgical manipulations with the minimal trauma to the surrounding tissues. During the operation, a great deal of time and effort is spent on verification of the middle ear structure, especially when the normal anatomy of the temporal bone is changed due to the pathological process or previous operations. The presence

of fixed permanent bone reference points, allowing to calibrate the navigation system, ensures navigation accuracy. The use of a navigation device makes manipulations more accurate and less invasive.

**Keywords:** middle ear, temporal bone, electromagnetic navigation system, otosurgery, glomus tumor, neoplasms, surgical treatment, complications.

**For citation:** Rakhmatullaev M. Sh., Diab Kh. M., Terekhina L. I., Gulyamov Sh. B. The use of the navigation systems in the surgical treatment of the patients with destructive pathology of the temporal bone. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2020;19(1):84–89. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-1-84-89>

За последние три десятилетия технический прогресс значительно изменил наш образ жизни. Технология стала неотъемлемой частью нашей повседневной жизни – от компьютеров до смартфонов, от одноцелевых до многофункциональных устройств. Навигация в хирургии – важный пример современных технологических возможностей, применяемых в медицине. Навигация стала одной из самых надежных технологий, поскольку она продолжает трансформировать хирургические вмешательства в более безопасные и менее инвазивные процедуры [1].

Стереотаксис с компьютерной томографией был описан в 1976 г. М. Bergstrom и Т. Greitz [2]. Но авторы отмечали, что жесткая рама для фиксации ограничивала диапазон хирургических манипуляций. С появлением электромагнитных систем стало возможным использование датчика без жесткой фиксации.

В 1990-х гг. Дэвид Робертс впервые разработал концепцию бескаркасной стереотаксии для нейрохирургии, чтобы преодолеть ограничения стереотипной системы на основе рамок [1].

Самым большим преимуществом бескаркасной стереотаксии является возможность отслеживать хирургический инструмент в режиме реального времени и постоянно визуализировать его положение, исходя из данных предоперационной компьютерной томографии [3].

Термин «компьютерная хирургия» впервые был использован в 1985 г. Георгом Шлендорфом. В то время полностью автоматизированные роботизированные системы были разработаны для промышленного применения и уже использовались в таких областях, как автомобилестроение. Цель использования данной методики в медицине заключалась в том, чтобы хирург получал дополнительную информацию о жизненно важных структурах во время хирургического вмешательства с помощью компьютера [4].

Первые эксперименты с использованием компьютерной ассистированной навигационной системы в области оториноларингологии были выполнены в Аахенской технологической университетской клинике Германии в 1986 г. [5]. В дальнейшем это направление получило широкое развитие. В 1991 г. Watanabe E. и соавт. сообщили об использовании новой системы нейронавигатора для нейрохирургии у 68 пациентов [6]. В этом же

году аахенская группа сообщила о своем опыте в докладе: о 200 хирургических вмешательствах с использованием компьютер-ассистированной навигационной системы (КАНС) [7]. За последние пятнадцать лет были разработаны новые компьютерные навигационные системы. Эти компьютерные системы дали возможность хирургам точно определить жизненно важные места в предоперационных КТ-снимках пациента, что быстро приобрело широкое распространение и применение в хирургическом лечении ушной патологии [8].

Развитие диагностических технологий способствовало активному совершенствованию стереотаксической хирургии, а появление современных навигационных систем явилось прорывом к новым возможностям, позволяющим хирургу во время любой операции быстро и комфортно ориентироваться в трехмерном (3D) пространстве хирургического поля с точностью до миллиметров [9]. На практике навигационные системы стали актуальны для специалистов нейро- и челюстно-лицевой хирургии, травматологов и ортопедов, офтальмологов, оториноларингологов и врачей других хирургических дисциплин [10].

Использование навигационной системы в ходе операции при патологии височных костей имеет большое значение. Сложная анатомия височной кости и основания черепа содержит многочисленные жизненно важные структуры. Хирургия в этой области сопровождается высоким риском осложнений с возможным повреждением лицевого нерва, улитки, полукружных каналов, твердой мозговой оболочки, луковичной вены и сонной артерии. Заболевания, предшествующие операции, могут изменить анатомию этой области.

В современной зарубежной литературе широко обсуждаются вопросы, связанные с изучением и сравнением точности и эффективности новых поколений мультимедийных систем навигации [11]. Показания к применению компьютерной ассистированной хирургии при ЛОР-патологии следующие: заболевания носа и околоносовых пазух, орбитальные опухоли, патологические процессы основания черепа, первичная и рецидивная параназальная синус-хирургия, вестибулярные шванномы [12].

Навигация предоставляет хирургу ценную пространственную информацию, особенно в тех

случаях, когда ориентация затруднена из-за инвазии опухоли [13]. Электромагнитная навигационная система широко используется при инфралабиринтном распространении гломусных опухолей [14]. Для костных опухолей основания черепа, лобной и височной костей навигация является наиболее информативной и остается методом выбора. В 2012 г. опубликована работа об использовании 235 эндоскопических операций с использованием КАНС [15].

Большинство отологических и нейроотологических операций можно выполнять без компьютерной ассистированной хирургии, с использованием хорошо установленных и относительно неизменных ориентиров. Проведение таких операций, как стапедотомия, тимпаноластика, мастоидэктомия и лабиринтэктомия не требует использования интраоперационной хирургической навигации, достаточно использование мониторинга лицевого нерва для предупреждения его травмы. Выполнение сложных хирургических операций при наличии обширных разрушений височной кости, а также в осложненных случаях кохлеарной имплантации, новообразования височной кости и основания черепа показано с использованием КАНС, что является залогом получения хороших результатов хирургического лечения с минимизацией риска получения осложнений [22].

Компьютер-ассистированная навигационная система позволяет тщательно спланировать хирургическое вмешательство и контролировать его ход, а также обеспечить возможность проведения прицельной биопсии в заинтересованной зоне, минимизировать кровопотерю, снизить количество возможных хирургических ошибок и осложнений; тем самым достигается лучший клинический результат при вмешательствах на латеральном основании черепа [16]. В отохирургии использование КАНС считается необходимым. Но, несмотря на наличие навигационной системы, хирург должен обладать хорошими хирургическими навыками и знаниями об анатомии хирургического поля. Навигационная система является преимуществом, но не заменяет навыков хирурга [17], также позволяет интраоперационно беспрепятственно перемещать инструменты в хирургическом поле, обеспечивая точное пространственное изображение анатомических структур пациента в реальном времени с помощью предоперационной компьютерной томографии [18].

Показаниями к использованию навигационной системы являются вмешательства в «рискованных» зонах (область орбиты – зрительный нерв, глазодвигательные мышцы, подглазничный нерв; основание черепа, клетки решетчатого лабиринта, клиновидная пазуха и т. д.) [19, 20]. Использование электромагнитной навигацион-

ной системы значительно сокращает число послеоперационных осложнений и продолжительность пребывания пациентов в стационаре [21].

Принцип действия КАНС основан на анализе результатов компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, магнитно-резонансной ангиографии, позитронно-эмиссионной томографии. Использование навигационной системы требует соответствующей предоперационной подготовки, которую лучше проводить за сутки до операции. Она включает сканирование головы пациента с последующей загрузкой результатов томографии в компьютер. Станция позволяет получить точную копию в режиме 3D-реконструируемых анатомических структур пациента. При необходимости можно совмещать КТ-снимки костных структур с МРТ-снимками мягких структур и МРА сосудов для формирования более полной анатомической картины. Далее происходит регистрация заранее установленных меток на голове пациента. Число таких меток должно быть не менее 3, а лучше – 8–11. В качестве точек чаще всего используются маркеры в виде миниатюрных силиконовых дисков, которые фиксируются на голове пациента перед сканированием и должны оставаться сохранными от начала и до конца хирургического вмешательства. Помимо маркеров в качестве реперов используют стандартные анатомические ориентиры, такие как латеральный и медиальный углы глаза, расщелина между верхними резцами. Далее происходит этап регистрации, на котором хирург прикасается специальным щупом к заранее намеченным реперным точкам. В результате регистрации мы получаем интеграцию регистрируемых данных реального пациента в 3D-модель, построенную на основании КТ/МРТ-изображений. После завершения регистрации хирург может калибровать любой хирургический инструмент и отслеживать его местоположение в режиме реального времени [22]. Стандартная нейронавигация не дает должного уведомления хирурга о том, где он сверлит по отношению к окружающим критическим структурам височной кости [23]. Качество компьютерной навигационной операции тесно связано с уровнем точности, на который непосредственно влияют технологические, графические, регистрационные, прикладные, человеческие или другие ошибки, поскольку точность регистрации напрямую влияет на точность навигации [24]. Навигационная система значительно улучшает безопасность проведения операции, помогая хирургу обходить критические структуры и определять минимально инвазивные подходы [25].

Во время диссекции височной кости даже самые опытные хирурги могут иметь затруднения в определении анатомических структур, в частно-

сти, у пациентов с приобретенными или врожденными аномалиями развития уха, при операции кохлеарной имплантации [26, 29, 30]. Навигация имеет особую ценность, когда она применяется в сложной, жесткой области, такой как височная кость, где важен каждый миллиметр. Височная кость является идеальным местом, в котором можно использовать изображения навигации, потому что его костная конструкция исключает пред- и интраоперационный сдвиг [27, 28]. Показаниями к предоперационной КТ височной кости являются холестеатома, новообразования или воспалительный процесс, паралич лицевого нерва, подозрение на пороки развития [31, 32, 35].

Таким образом, актуальность применения электромагнитной навигационной системы в хирургии височной кости обусловлена ее сложной анатомией, в толще которой располагаются жизненно важные структуры (канал лицевого нерва, внутренняя сонная артерия, луковица внутренней яремной вены, границы средней и задних черепных ямок) [33, 34]. Навигационная система может потенциально значительно снизить число ятрогенных повреждений в отохирургии [36]. При ЛОР-операциях навигационная система должна иметь точность 1–2 мм [37]. Однако из-за сложного анатомического строения латерального основания черепа некоторые авторы рекомендуют применение аппарата с точностью менее 1 мм [38].

При хирургии основания черепа Kristin и соавт. использовали электромагнитную навига-

цию, точность которой была  $0,9 \pm 0,4$  мм [39]. Компьютерно-ассистированные навигационные системы могут использоваться в оториноларингологической практике при выполнении функциональной эндоскопической синус-хирургии, позволяют более точно управлять операционным инструментарием в узких анатомических пространствах. С совершенствованием навигационного оборудования и накоплением опыта их использования погрешность системы, так же как и время регистрации, уменьшаются [40].

### Заключение

Применение электромагнитной навигационной системы позволяет повысить эффективность хирургического лечения за счет более точного ориентирования в операционном поле, минимизировать риски интраоперационных осложнений (травмирование анатомически важных структур). По мнению авторов данной статьи, использование навигационных систем в отохирургии является перспективным направлением, тем более, что в России отсутствуют работы, освещающие данную проблему, не отработаны показания к ее применению, не разработан алгоритм их использования при выполнении сложных операций у пациентов с патологией височных костей и основания черепа.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Enchev Y. Neuronavigation: geneology, reality, and prospects. *Neurosurg Focus.* 2009;27(3):E11. doi: 10.3171/2009.6.FOCUS09109
2. Bergström M., Greitz T. Stereotaxic computed tomography. *AJR Am. J. Roentgenol.* 1976; 127(1):167-70. doi: 10.2214/ajr.127.1.167.
3. Mezger U., Jendrewski C., Bartels M. Navigation in surgery. *Langenbecks Arch Surg.* 2013; 398(4):501-14. Epub 2013 Feb 22. Review. PubMed PMID: 23430289. PubMed Central PMCID: PMC3627858. doi: 10.1007/s00423-013-1059-4.
4. Computer-Aided Otorhinolaryngology – Head and Neck Surgery surgery; ed. by M. J. Citardi. New York, 2002. 475 p.
5. Schlondorff G., Mosges R., Meyer-Ebrecht D., Krybus W., Adams L. CAS (computer assisted surgery). A new procedure in head and neck surgery. *HNO.* 1989;37:187–190.
6. Watanabe E., Mayanagi Y., Kosugi Y., Manaka S., Takakura K. Open surgery assisted by the Neuronavigator, a stereotactic articulated, sensitive arm. *Neurosurgery.* 1991;28:792–800. doi: 10.1097/00006123-199106000-00002
7. Klimek L., Mosges R., Bartsch M. Indications for CAS (computer assisted surgery) systems as navigation aids in ENT surgery. In: Proceedings of the CAR '91. Berlin: Springer Verlag, 1991;358–361.
8. Caversaccio M., Freysinger W. Computer assistance for intraoperative navigation in ENT surgery. *Minim Invasive Ther Allied Technol.* 2003;1:36–51. doi: 10.1080/13645700310001577
9. Крылов В. В., Шаглунов А. А., Буров С. А., Дашьян В. Г. Использование безрамной нейронавигации в хирургии нетравматических внутричерепных кровоизлияний. *Вопросы неврологии и психиатрии. Инсульт.* Приложение к журналу. Материалы II Российского международного конгресса «Цереброваскулярная патология и инсульт». СПб. 17–20 сентября 2007 [Krylov V. V., Shaklunov A. A., Burov S. A., Dashyan V. G. The use of frameless neuronavigation in the surgery of non-traumatic intracranial hemorrhage. *Questions of neurology and psychiatry. Stroke.* Appendix to the magazine. Proceedings of the II Russian International Congress “Cerebrovascular Pathology and Stroke”. St. Petersburg, September 17–20, 2007. (in Russ).]
10. Парфенов В. Е., Черемисин В. М., Труфанов Г. Е. и др. Нейронавигация в нейрохирургии. Материалы Невского радиологического форума 2003 «Из будущего в настоящее». СПб., 2003:56–57 [Parfenov V. E., Cheremisin V. M., Trufanov G. E. et al. *Neuronavigation in neurosurgery.* Materials of the Nevva radiological forum 2003 “From the future to the present”. Spb., 2003:56–57. (in Russ).]

11. Gumprecht H. K., Widenka D. C., Lumenta C. B. BrainLab VectorVision Neuronavigation System – technology and clinical experiences in 131 cases. *Neurosurgery*. 1999;44:97–104; discussion 104-5. doi: 10.1097/00006123-199901000-00056
12. Sargent E. W., Bucholz R. D. Middle cranial fossa surgery with image-guided instrumentation. *Otolaryngol. Head Neck Surgery*. 1997; 117(1):131–134. doi: 10.1016/S0194-59989770222-5
13. Gunkel A. R., Vogeles M., Martin A., Bale R. J., Thumfart W. F., Freysinger W. Computer-aided surgery in the petrous bone. *Laryngoscope*. 1999; 109(11):1793–1799. doi: 10.1097/00005537-199911000-00013
14. Диаб Х. М., Дайхес Н. А., Нажмутдинов И. И., Пашчина О. А., Умаров П. У., Кондратчиков Д. С. Особенности хирургического лечения параганглиом латерального основания черепа. *Российская оториноларингология*. 2017;2(87):30–35 [Diab Kh. M., Daikhes N. A., Nazhmutdinov I. I., Pashchinina O. A., Umarov P. U., Kondratchikov D. S. Specific features of surgical treatment of lateral skull base paragangliomas. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2017;2(87):30–35. (in Russ).]. doi: 10.18692/1810-4800-2017-2-30-35
15. Esposito F., Di Rocco F., Zada G., Cinalli G., Schroeder H. W., Mallucci C., Cavallo L. M., Decq P., Chiaramonte C., Cappabianca P. Intraventricular and skull base neuroendoscopy in 2012 // a global survey of usage patterns and the role of intraoperative neuronavigation. *World Neurosurg*. 2013; 80(6):709–716. doi: 10.1016/j.wneu.2013.05.011
16. Sindwani R. Image-guided surgery of the paranasal sinuses and skull base. *Mo Med*. 2008;105(3):257–261.
17. Ahn J. Y., Jung J. Y., Kim J., Lee K. S., Kim S. H. How to overcome the limitations to determine the resection margin of pituitary tumours with low-field intra-operative MRI during trans-sphenoidal surgery: usefulness of Gadolinium-soaked cotton pledgets. *Acta Neurochir (Wien)*. 2008;150(8):763–771. doi: 10.1007/s00701-008-1505-1
18. Anon J. B. Computer-aided endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope*. 1998;108(7):949–961.
19. Савелло А. В. Комплексное дифференцированное применение методов пред- и интраоперационной визуализации, нейронавигации и рентгенохирургии на этапе хирургического лечения пациентов с внутричерепными опухолями: автореф. дис. ... докт. мед. наук. СПб., 2008. 38 с. [Savello A. V. *Kompleksnoe differentsirovannoe primeneniye metodov predd i intraoperatsionnoi vizualizatsii, neuronavigatsii i rentgenokhirurgii na etape khirurgicheskogo lecheniya patsientov s vnutricherepnymi opukholyami*: avtoref. dis. dokt. med. nauk. SPb., 2008. 38 p. (in Russ).]
20. Al-Swiahb J. N., Al Dousary S. H. Computer-aided endoscopic sinus surgery: a retrospective comparative study. *Ann Saudi Med*. 2010;30(2):149–152. doi: 10.4103/0256-4947.60522
21. Tabaec A., Hsu A. K., Shrimme M. G., Rickert S., Close L. G. Quality of life and complications following image-guided endoscopic sinus surgery. *Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2006;135(1):76–80. doi: 10.1016/j.otohns.2006.02.038
22. Baumann A., Holzinger D., Reichwien A., Dorner G., Ewers R., Schicho K. Computer assisted navigation in decompression surgery for endocrine orbitopathy. *Int. J CARS*. 2008;3(Suppl 1):79.
23. Voormolen E. H., van Stralen M., Woerdeman P. A., Pluim J. P., Noordmans H. J., Viergever M. A., Regli L., Berkelbach van der Sprenkel J. W. Determination of a facial nerve safety zone for navigated temporal bone surgery. *Neurosurgery*. 2012;70(1Suppl Operative):50–60; discussion 60. doi: 10.1227/NEU.0b013e31822e7fc3
24. Luebbers H. T., Messmer P., Obwegeser J. A., Zwahlen R. A., Kikinis R., Graetz K. W., Matthews F. Comparison of different registration methods for surgical navigation in cranio-maxillofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg*. 2008; 36(2):109–116. Epub 2008 Feb 14. doi: 10.1016/j.jcms.2007.09.002
25. Ecke U., Luebbers B., Maurer J., Boor S., Mann W.J. Comparison of Different Computer-Aided Surgery Systems in Skull Base Surgery. *Skull Base*. 2003;13(1):43–50. doi: 10.1055/s-2003-820556
26. Strauss G., Schaller S., Zaminer B., Heining S., Hofer M., Manzey D., Meixensberger J., Dietz A., Lüth T. C. Clinical experiences with an automatic collision warning system: instrument navigation in endoscopic transnasal surgery. Germany. 2011;59(5):470-9. doi: 10.1007/s00106-010-2237-0.
27. Sure U., Alberti O., Petermeyer M., Becker R., Bertalanffy H. Advanced image-guided skull base surgery. *Surg Neurol*. 2000; 53(6):563–572; discussion 572. Doi :10.1016/s0090-3019(00)00243-3
28. Samii A., Brinker T., Kaminsky J., Lanksch W.R., Samii M. Navigation-guided opening of the internal auditory canal via the retrosigmoid route for acoustic neuroma surgery: cadaveric, radiological, and preliminary clinical study. *Neurosurgery*. 2000; 47(2):382–387. doi: 10.1097/00006123-200008000-00021
29. Aschendorff A., Maier W., Jaekel K., Wesarg T., Arndt S., Laszig R., Voss P., Metzger M., Schulze D. Radiologically assisted navigation in cochlear implantation for X-linked deafness malformation. *Cochlear Implants Int*. 2009;10 Suppl 1:14–18. doi: 10.1179/cim.2009.10.Supplement-1.14
30. Stelter K., Ledderose G., Hempel J. M., Morhard D. F., Flatz W., Krause E., Mueller J. Image guided navigation by intraoperative CT scan for cochlear implantation. *Comput Aided Surg*. 2012;17(3):153–160. doi: 10.3109/10929088.2012.668937
31. Jensen J. Malformations of the inner ear in deaf children. A tomographic and clinical study. *Acta Radiol. Diagn (Stockh)*. 1968:Suppl. 286. PMID:5760314
32. Sennaroglu L., Sarac S., Ergin T. Surgical results of cochlear implantation in malformed cochlea. *Otol. Neurotol*. 2006; 27(5):615–623. doi: 10.1097/01.mao.0000224090.94882.b4
33. Овчинников А. Ю., Щербачев А. Ю. Новые технологии в хирургическом лечении пациентов с ХГСО: Навигационная поддержка. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017;5–2(59):151–154 [Ovchinnikov A. Yu., Shcherbakov A. Yu. New technologies in surgical treatment of patients with chronic suppurative otitis media: navigation support. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2017;5–2(59):151–154. (in Russ).]. <https://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/05-2-59.pdf>
34. Милешина Н. А., Курбатова Е. В. Применение навигационной системы у детей с пороками развития наружного и среднего уха. *Российский журнал детской гематологии и онкологии*. 2014;2:113 [Mileshina N. A.,

- Kurbatova E. V. The use of the navigation system in children with malformations of the outer and middle ear. *Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology*. 2014;2:113. (in Russ.). <https://doi.org/10.17650/2311-1267-2014-0-2>
35. Golfinos J. G., Fitzpatrick B. C., Smith L. R., Spetzler R. F. Clinical use of a frameless stereotactic arm: results of 325 cases. *Neurosurgery*. 1995;83:197–295. doi: 10.3171/jns.1995.83.2.0197
  36. Cho B., Oka M., Matsumoto N., Ouchida R., Hong J., Hashizume M. Warning navigation system using real-time safe region monitoring for otologic surgery. *Int. J Comput Assist. Radiol. Surg.* 2013;8(3):395–405. doi: 10.1007/s11548-012-0797-z
  37. Cartellieri M., Vorbeck F. Endoscopic sinus surgery using intraoperative computed tomography imaging for updating a three-dimensional navigation system. *Laryngoscope*. 2000;110(2 Pt. 1):292–296. doi: 10.1097/00005537-200002010-00020
  38. Caversaccio M., Nolte L. P., Häusler R. Present state and future perspectives of computer aided surgery in the field of ENT and skull base. *Acta Otorhinolaryngol Belg.* 2002;56(1):51–59. PMID: 11894631
  39. Kristin J., Mucha D., Schipper J., Klenzner T. Registration strategies for the application of the navigation system Fiagon at the lateral skull base. *Laryngorhinootologie*. 2012;91(5). Germany. doi: 10.1055/s-0031-1299755
  40. Пянькина М. А., Меркулов О. А. Навигационная поддержка в лечении больных хроническим риносинуситом: расширение хирургических горизонтов. *Российская оториноларингология*. 2013; 2(63):72–76 [Panyakina M. A., Merkulov O. A. Navigation support in the treatment of patients with chronic rhinosinusitis: the expansion of surgical horizons. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2013; 2(63):72–76. (in Russ.). <http://entru.org/en/2013-2.html>

#### Информация об авторах

✉ **Рахматуллаев Мухаммад-Амин Шухратович** – соискатель ученой степени кандидата медицинских наук, научно-клинического отдела заболеваний уха, Научно-клинический центр оториноларингологии (Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2); тел.: 8-977-194-96-06, +99897-747-11-64, e-mail: dodeshamin@mail.ru

**Диаб Хассан Мохаммад Али** – доктор медицинских наук, начальник научно-клинического отдела заболеваний уха, Научно-клинический центр оториноларингологии (Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2); тел.: 8-919-101-33-00, e-mail: hasandiab@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5337-3239>

**Терехина Людмила Ивановна** – ведущий научный сотрудник отдела науки, Научно-клинический центр оториноларингологии (Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2); тел.: 8-926-453-19-20, e-mail: terechina@mail.ru

**Гулямов Шерзод Бахрамджанович** – соискатель ученой степени кандидата медицинских наук, научно-клинический отдел заболеваний уха, Научно-клинический центр оториноларингологии (Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2); тел.: 8-926-402-32-03, +99891-137-81-91, e-mail: sherzodgulyamov@mail.ru

#### Information about the authors

✉ **Mukhammad-Amin Sh. Rakhmatullaev** – applicant for MD Candidate degree of Clinical Research Department of Ear Diseases, Federal Research Clinical Center of Otorhinolaryngology (30/2, Volokolamskoe Shosse, str. Moscow, 123182, Russia), 8-977-194-96-06, +99897-747-11-64, e-mail: dodeshamin@mail.ru.

**Khassan M. A. Diab** – MD, Head of Clinical Research Department of Ear Diseases, Federal Research Clinical Center of Otorhinolaryngology (30/2, Volokolamskoe Shosse, str. Moscow, 123182, Russia); tel.: 8-919-101-33-00, e-mail: hasandiab@mail.ru

**Lyudmila I. Terekhina** – leading research associate of Department of Science, Federal Research Clinical Center of Otorhinolaryngology (30/2, Volokolamskoe Shosse, str. Moscow, 123182, Russia); tel.: 8-916-024-83-83, e-mail: terechina@mail.ru.

**Sherzod B. Gulyamov** – applicant for MD Candidate degree of Clinical Research Department of Ear Diseases, Federal Research Clinical Center of Otorhinolaryngology (30/2, Volokolamskoe Shosse, str. Moscow, 123182, Russia); tel.: 8-926-402-32-03, +99891-137-81-91, e-mail: sherzodgulyamov@mail.ru