

Трактография тройничного и лицевого нервов: первый опыт НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко

Пошатаев В.К. *, Шиманский В.Н., Пронин И.Н., Тяншин С.В.,
Подопригора А.Е., Шевченко К.В.

ФГАУ “НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко” Минздрава России, Москва, Россия

Digital tensor tractography for trigeminal and facial nerve: N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery first experience

Poshataev V.K. *, Shimansky V.N., Pronin I.N.,
Tanyashin S.V., Podoprighora A.E., Shevchenko K.V.

N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation,
Moscow, Russia

Введение. Диффузионная тензорная трактография (ДТТ) является хорошо описанным и широко применяемым методом визуализации проводящих путей белого вещества головного мозга, при этом до последнего времени редко применяющимся для визуализации черепных нервов.

Цель исследования: разработка протокола ДТТ для обследования пациентов с вестибулярными шванномами и “построения” трактов V и VII черепных нервов в условиях НМИЦ нейрохирургии, получение и обобщение первого опыта применения метода.

Материал и методы. Для изучения применимости методики в хирургии вестибулярных шванном 6 пациентам с опухолями 3-й и 4-й стадии по классификации W. Koos было выполнено предоперационное обследование – МРТ в режимах FSPGR и DTI. После проведения программной обработки снимков выполнено “построение” трактов черепных нервов, накладываемых на модель вестибулярной шванномы в программной среде 3D Slicer.

Результаты. Совпадение информации предоперационной трактографии и интраоперационной картины отмечено в 5 случаях из 6. У одного пациента отмечалось “наложение” трактов черепных нервов, не позволившее идентифицировать каждый нерв в отдельности.

Заключение. Полученные результаты позволяют строить предположение о ходе и направлении пучка волокон белого вещества (путем математической обработки анизотропной диффузии молекул воды внутри

самих проводящих путей) и сделать вывод о положении и ходе корешков V и VII нервов относительно поверхности опухоли. Таким образом, в арсенале нейрохирургов появляется эффективный инструмент предоперационной идентификации черепных нервов у больных с опухолями различной локализации. Применение данного метода может повысить безопасность вмешательств и снизить частоту дисфункции черепных нервов.

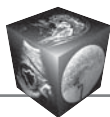
Ключевые слова: трактография, тензорные изображения, невралгия, тройничный нерв, лицевой нерв, вестибулярная шваннома, невринома.

Ссылка для цитирования: Пошатаев В.К., Шиманский В.Н., Пронин И.Н., Тяншин С.В., Подопригора А.Е., Шевченко К.В. Трактография тройничного и лицевого нервов: первый опыт НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко. *Медицинская визуализация*. 2019; 23 (1): 65–71.

DOI: 10.24835/1607-0763-2019-1-65-71.

Introduction. Digital tensor tractography (DTT) is well-known and efficient method for white-matter tracts visualization. However, few publications show its effectiveness in cranial nerves tractography. The aim of the study is to develop and to implement the protocol for visualizing cranial nerve tracts.

Materials and methods. DTT was implemented in 6 patients with vestibular schwannoma (VS) W. Koos



3–4 grade, preliminary coordinated by the study of 5 patients with trigeminal neuralgia. The tracts were “built” using 3D Slicer software.

Results. In 5 of 6 cases, full correlation of pre- and intra-operative data was registered. In 1 case, the tracts were non-identifiable.

Conclusion. Presented algorithm provides effective preoperative visualization of cranial nerves (V, VII). Obtained results allow to consider the method of DTT a promising technique for preoperative visualization of trigeminal and facial nerves in patients with posterior fossa lesions.

Key words: tractography, tensor imaging, neuralgia, trigeminal nerve, facial nerve, vestibular schwannoma.

Recommended citation: Poshataev V.K., Shiman-sky V.N., Pronin I.N., Tanyashin S.V., Podoprigora A.E., Shevchenko K.V. Digital tensor tractography for trigeminal and facial nerve: N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery first experience. *Medical Visualization*. 2019; 23 (1): 65–71.
DOI: 10.24835/1607-0763-2019-1-65-71.

Введение

Диффузионная тензорная трактография (ДТТ) является хорошо описанным и широко применяемым методом визуализации проводящих путей белого вещества головного мозга. До последнего времени ДТТ редко применялась для визуализации черепных нервов по нескольким причинам: это и расположение нервов в арахноидальных цистернах, и малый по сравнению с полушарными путями размер визуализируемых структур. По мере совершенствования магнитно-резонансной томографии многие нейрохирурги не прекращали предпринимать попытки использования трактографии для визуализации черепных нервов. В 2011–2014 гг. появились работы, посвященные применению ДТТ в хирургии вестибулярных шванном. Так, например, М. Hodaie и соавт. при помощи ДТТ проследили ход комплекса VII–VIII черепных нервов из внутреннего слухового прохода до цистернального сегмента, хотя точной дифференцировки нервов им достичь не удалось [1]. В 2011 г. D. Chen и соавт. сообщили об успешном “построении” трактов тройничного и лицевого нервов у трех пациентов с невриномами слухового нерва [2]. Группа авторов под руководством Т. Таока продемонстрировала совпадение предоперационных данных и интраоперационной картины в 5 случаях [3]. В то же время из 13 работ, сообщающих о положительных результатах применения метода, лишь 6 иллюстрированы реальными изображениями трактов. Более того, только 50% из оставшихся работ позволяют читателю сравнить данные ДТТ с интраоперационной картиной.

Работы начала 2000-х годов не предоставили высокой информативности ДТТ черепных нервов,

однако данные публикации позволили усомниться в невозможности построения трактов черепных нервов, локализованных в задней черепной ямке.

Цель исследования

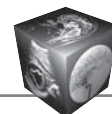
Разработка протокола ДТТ для обследования пациентов с вестибулярными шванномами и “построения” трактов V и VII черепных нервов в условиях НМИЦ нейрохирургии, получение и обобщение первого опыта применения метода.

Материал и методы

Работоспособность и эффективность метода была отработана при построении трактов тройничного нерва у 5 пациентов с невралгией тройничного нерва (НТН), поскольку близкое расположение сосудов вертебробазилярного бассейна и тройничного нерва, наблюдаемое при данной патологии, не меняет значимо их анатомию. В ходе первичных построений была быстро пройдена “кривая обучения”, это позволило экстраполировать методику от пациентов с функциональными расстройствами (НТН) на пациентов с органической патологией – с опухолями мостомозжечкового угла.

Все исследования проводились у неоперированных пациентов. ДТТ черепных нервов (V, VII) выполнена в 6 случаях. Для этого 6 пациентам с вестибулярными шванномами 3-й и 4-й стадии по классификации W. Koos [4] было выполнено предоперационное обследование – MPT в режимах FSPGR и DTI (томограф 3,0 Тл). В результате проведения обследования в каждом случае получено 3000 нативных снимков в формате DICOM. Следующим этапом проводились обработка снимков и приведение их в формат DTI (файлы с разрешением *.nifty, *.nrrd) в программной среде FSL [5] – выполнялся так называемый preprocessing. На завершающем этапе проводилось “построение” трактов черепных нервов, накладываемых на модель вестибулярной шванномы в программной среде 3D Slicer [6] (рис. 1).

Полученные изображения фиксировались в базе данных пациентов, а также сравнивались с интраоперационной картиной, регистрировавшейся при помощи фото и видеозаписи. Удаление вестибулярных шванном производилось по стандартной методике посредством ретросигмовидного субокципитального доступа, во время вмешательств применялся интраоперационный нейрофизиологический мониторинг черепных нервов (стимулятор – Medtronic NIM 3.0). Тип расположения лицевого нерва соотносился с классификацией W. Koos – тип А, тип В, тип С.



Результаты

Совпадение информации предоперационной трактографии и интраоперационной картины отмечено в 5 случаях из 6. У 1 пациента отмечалось “наложение” трактов черепных нервов, не позволившее идентифицировать каждый нерв в отдельности. Лицевой нерв располагался на передней (2 пациента), передневерхней (1 пациент), передненижней (1 пациент) и задненижней поверхности опухоли. В 5 случаях отмечалось совпадение положения нерва с прогнозируемым. В 1 случае от-

мечено расхождение данных. В таблице представлена локализация корешка лицевого нерва относительно поверхности вестибулярной шванномы.

Оценка функции лицевого нерва по шкале Хауса–Бракманна [7] в раннем послеоперационном периоде была следующей: I–II балла – 70%, III–IV балла – 30%, пациентов с грубым парезом (V–VI баллов) не было. На приведенных клинических примерах (рис. 2, 3) иллюстрированы возможности методики и их соотношение с интраоперационной картиной.

Таблица. Характеристика исследуемой группы пациентов
Table. Study group patients' data

Стадии невриномы по W. Koos	Сторона	Локализация VII нерва	Совпадение
3-я	Правая	Передняя	+
3-я	Левая	Передневерхняя	+
4-я	Правая	Передняя	+
4-я	Правая	Передненижняя	-
3-я	Правая	Задненижняя	+
4-я	Левая	Передненижняя	+

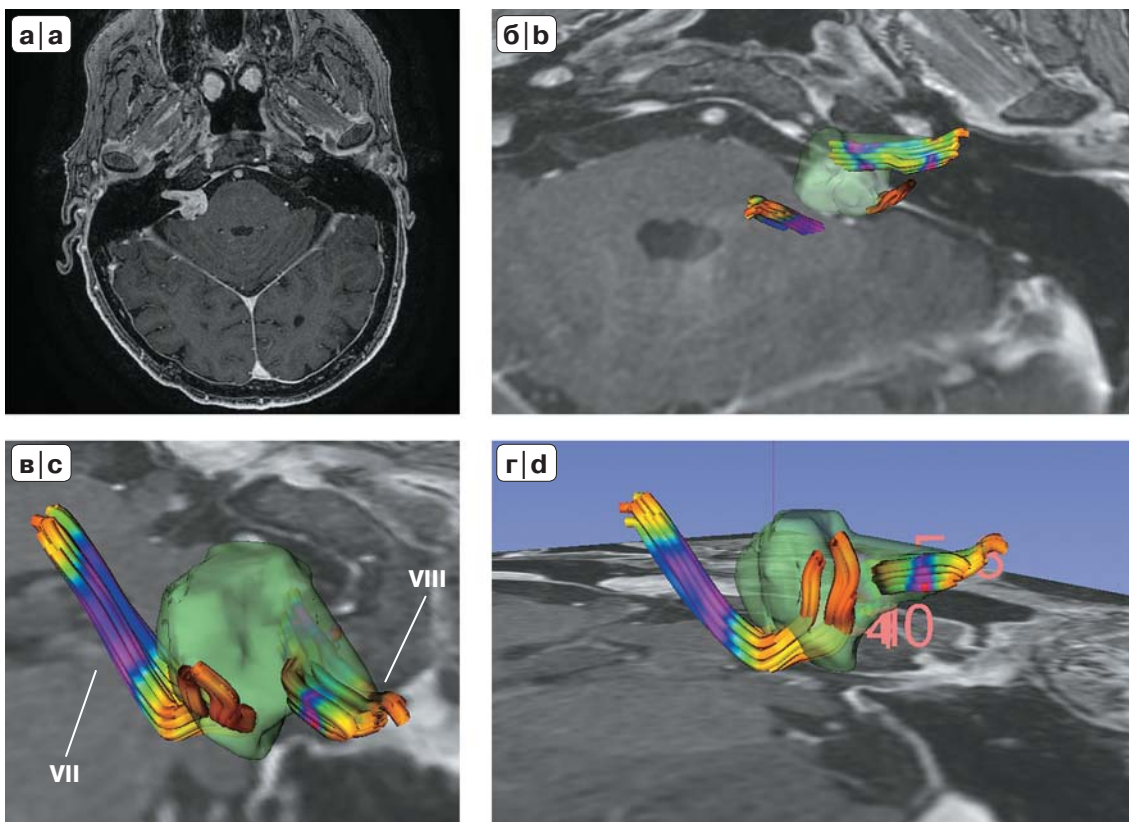


Рис. 1. Моделирование трактов лицевого и тройничного нервов у пациента с вестибулярной шванномой 2-й стадии по W. Koos. а – представлена дооперационная МР-томограмма у пациентки с вестибулярной шванномой Коос 2; б–г – выполнено “наложение” модели опухоли и результатов постобработки трактографии – визуализируются VII, VIII черепные нервы относительно поверхности опухоли.

Fig. 1. Facial and trigeminal nerve tracts modelling in patient harboring vestibular schwannoma Koos 2 grade. а – Preoperative MRI: vestibular schwannoma Koos 2; б–d – tumor “model” and tractography of V, VIIth cranial nerves tractography fusion.

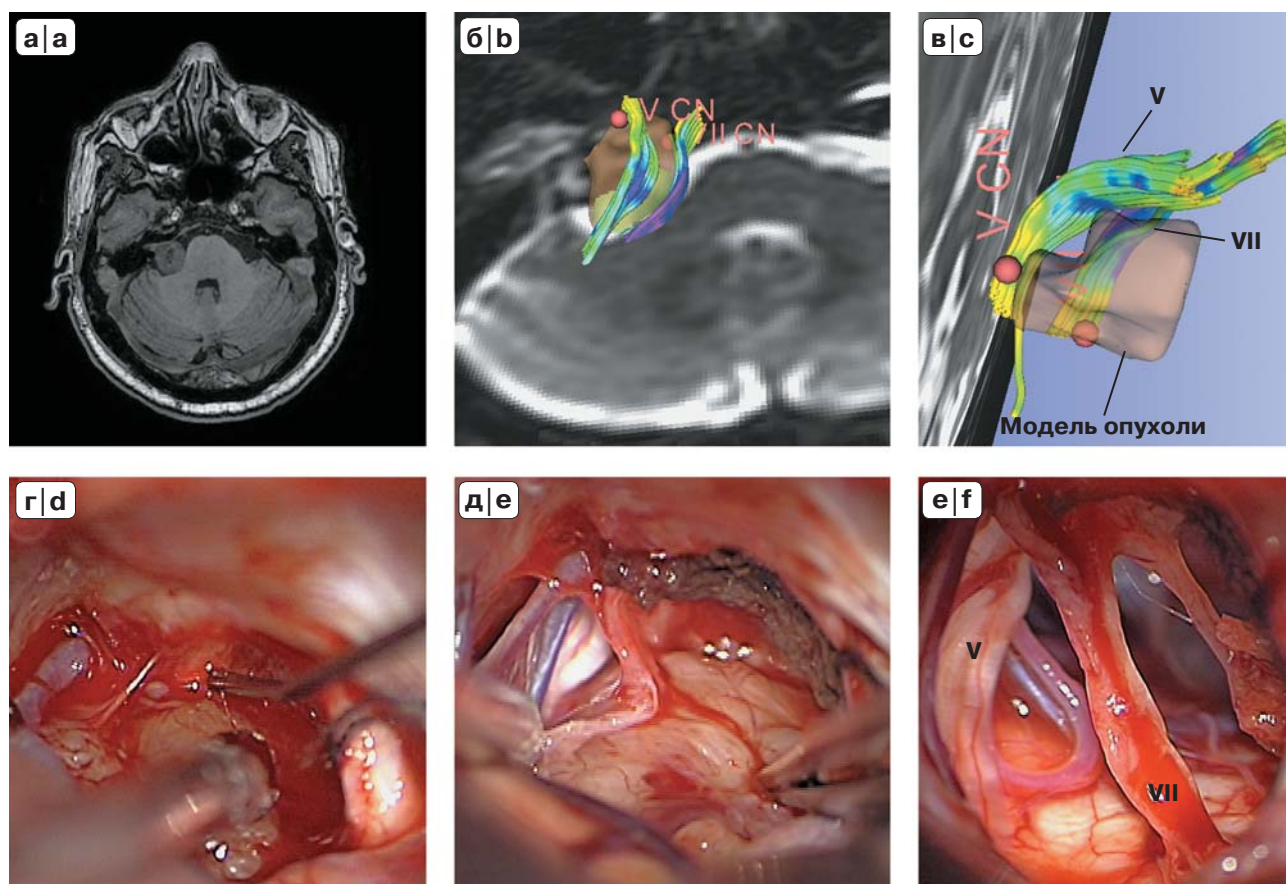
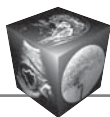


Рис. 2. Данные ДТТ и интраоперационные фото пациента М. с вестибулярной шванномой справа. а – дооперационная МР-томограмма выявляет вестибулярную шванному Коос 4 справа; б – “построение” модели опухоли с наложением результатов трактографии, визуализируются модели тройничного и лицевого нервов, расположенных на передней поверхности опухоли; в – симуляция интраоперационной картины; г, д, – интраоперационные фото удаления опухоли. Корешок лицевого нерва (VII) располагается на передней поверхности опухоли; е – картина тотального удаления вестибулярной шванномы. Отмечается совпадение положения нервов с дооперационной симуляцией (в).

Fig. 2. DTI and intraoperative photo of patient with right-sided vestibular schwannoma.

a – Preoperative MRI: Koos 4 vestibular schwannoma on the right side; b – tumor “model” fused with DTI, showing V, VII nerves on the anterior portion of the lesion; c – intraoperative “simulation”; d, e – intraoperative photo. Facial nerve is located on the anterior portion of the tumor; f – complete tumor removal. Cranial nerve position correlates with preop simulation (c).

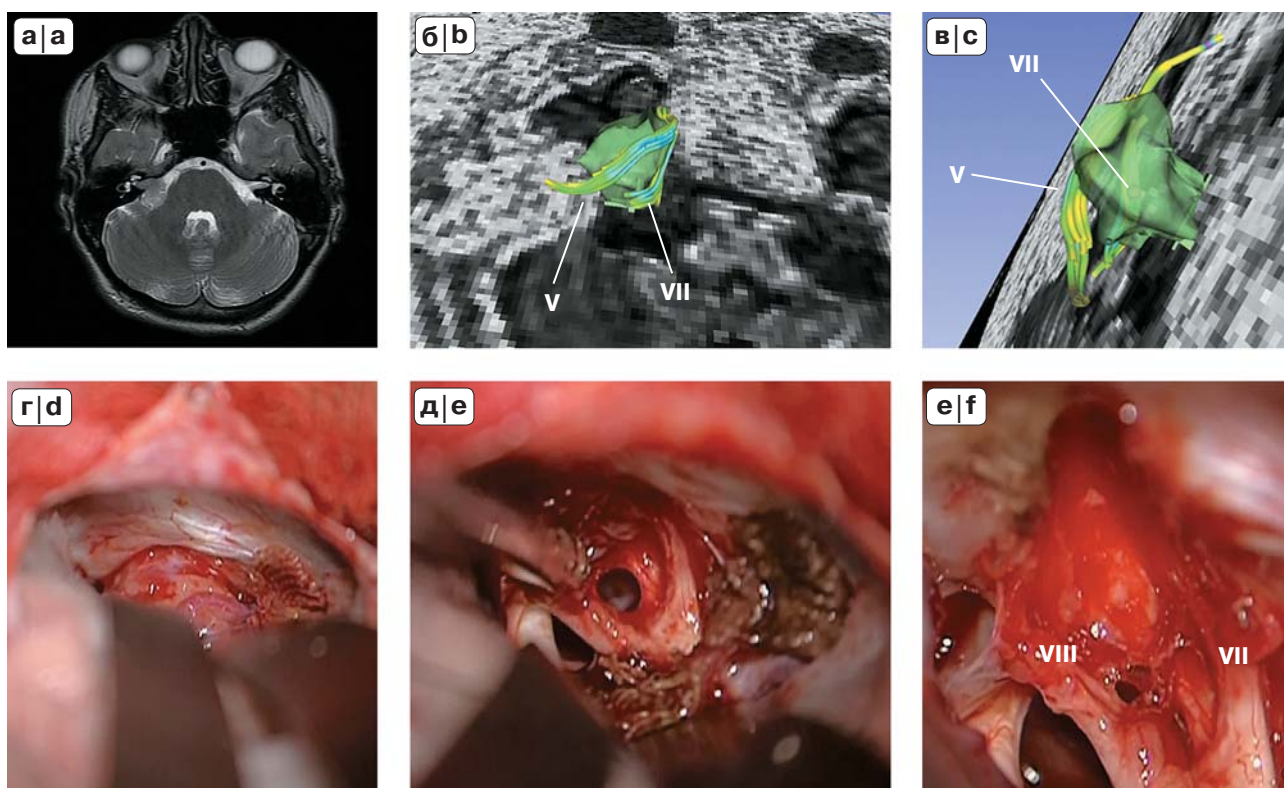
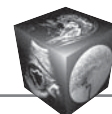
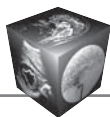


Рис. 3. Данные ДТТ и интраоперационные фото пациентки В. с вестибулярной шванномой слева. а – дооперационная МР-томограмма пациентки с вестибулярной шванномой Koos 3; б – “построение” модели опухоли с наложением результатов трактографии, визуализируются модели тройничного и лицевого нервов, расположенных на передней поверхности опухоли; в – симуляция интраоперационной картины; г, д – интраоперационные фото удаления опухоли. Корешок лицевого нерва (VII) располагается на передней поверхности опухоли. Корешок слухового нерва располагается ретро-латерально; е – картина тотального удаления вестибулярной шванномы. Отмечается совпадение положения нервов с дооперационной симуляцией (в).

Fig. 3. DTI and intraoperative photo of patient with left-sided vestibular schwannoma. a – Preoperative MRI: Koos 3 vestibular schwannoma on the left side; b – tumor “model” fused with DTI, showing V, VII nerves on the anterior portion of the lesion; c – intraoperative “simulation”; d, e – intraoperative photo. Facial nerve is located on the anterior portion of the tumor. Vestibulo-cochlear nerve is displaced superiorly; f – complete tumor removal. Cranial nerve position corresponds with preop simulation (c).



Обсуждение

Нарушение функции тройничного нерва в хирургии вестибулярных шванном 3-й и 4-й стадии достигает 54% случаев, при этом количество пациентов с нейропатией снижается до 6,5% через один год наблюдения. Грубая дисфункция лицевого нерва (оценка 4–6 баллов по шкале Хауса–Бракманна) достигает 43% со снижением доли пациентов до 22% через 1 год наблюдения. Для уменьшения травматизации черепных нервов используется их интраоперационный мониторинг. Данная методика отличается высокой вероятностью идентификации хода корешков черепных нервов в процессе удаления опухолей мостомозжечкового угла, позволяет тем самым получить представление об их расположении. Однако нейрофизиологический контроль черепных нервов, используемый на сегодняшний день, применим интраоперационно. В этой ситуации хирург постоянно вынужден проводить раздражение корешков нервов при помощи стимуляционного щупа разной силы тока. В случаях локализации, например, лицевого нерва на передней поверхности вестибулярной шванномы суммарное время интраоперационной стимуляции исчисляется минутами, что само по себе может вызвать нарушение проводимости и дисфункцию лицевой мускулатуры.

Надежный метод предоперационного определения взаимоотношения нервов и опухоли позволит планировать ход операции, радикальность удаления опухоли, тем самым повысить безопасность хирургической манипуляции. До недавнего времени единственным методом “прогнозирования” положения корешков черепных нервов считалась MPT в режимах CISS/DRIVE/FIESTA. Однако приведенные методики отличаются низкой чувствительностью и поэтому не всегда полученные при этом данные являются основанием, позволяющим планировать хирургическое вмешательство. Их использование позволяет идентифицировать истонченные и распределенные по поверхности опухоли нервные волокна с низкой долей вероятности. Разработанная в первой декаде 2000-х годов методика ДТТ основана на анализе направления диффузии молекул воды на основе применения диффузно-взвешенных изображений. Реконструкция данных изображений позволяет строить предположение о ходе и направлении пучка волокон белого вещества (путем математической обработки анизотропной диффузии молекул воды внутри самих проводящих путей). Таким образом, в арсенале нейрохирургов появляется эффективный инструмент предоперационной идентификации черепных нервов у больных с опу-

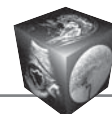
холями различной локализации. Применение данного метода может повысить безопасность вмешательств и снизить частоту дисфункции черепных нервов.

Заключение

Применение ДТТ является перспективным направлением, особенно в предоперационной оценке положения лицевого нерва в обследовании пациентов с вестибулярными шванномами. Данная статья представляет первый опыт применения данной методики в России. Полученные нами результаты позволяют оптимистично смотреть на широкое применение метода у пациентов с вестибулярными шванномами 3–4-й стадии по классификации W. Koos. В настоящее время преждевременно говорить о влиянии применения ДТТ на послеоперационные результаты в отношении функции лицевого нерва. Также остается обсуждаемым вопрос о применении ДТТ при вестибулярных шванномах 1–2-й стадии, поскольку идентификация черепных нервов обычно не является затруднительной. Данные нерешенные вопросы делают актуальным продолжение работы по данной проблематике.

Список литературы

1. Hodaie M., Quan J., Chen D. In vivo visualization of cranial nerve pathways in humans using diffusion-based tractography. *Neurosurgery*. 2010; 66 (4): 788–795; discussion 795–796. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000367613.09324.DA>.
2. Chen D., Quan J., Guha A., Tymianski M., Mikulis D., Hodaie M. Three-dimensional in vivo modeling of vestibular schwannomas and surrounding cranial nerves with diffusion imaging tractography. *Neurosurgery*. 2011; 68 (4): 1077–1083. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31820c6cbe>.
3. Taoka T., Hirabayashi H., Nakagawa H., Sakamoto M., Myochin K., Hirohashi S., Iwasaki S., Sakaki T., Kichikawa K. Displacement of the facial nerve course by vestibular schwannoma: preoperative visualization using diffusion tensor tractography. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2006; 24 (5): 1005–1010.
4. Koos W., Matula C., Lang J. Color Atlas of Micro-neurosurgery of Acoustic Neurinomas. 1st ed. Thieme, 2002. <https://doi.org/10.1055/b-002-51030>.
5. Fedorov A., Beichel R., Kalpathy-Cramer J., Finet J., Fillion-Robin J.-C., Pujol S., Bauer C., Jennings D., Fennessy F.M., Sonka M., Buatti J., Aylward S.R., Miller J.V., Pieper S., Kikinis R. 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. *Magn. Reson. Imaging*. 2012; 30 (9): 1323–1341. PMID: 22770690.
6. Jenkinson M., Beckmann C., Behrens T., Woolrich M., Smith S. FSL. *Neuro Image*. 2012; 62: 782–790.
7. House J.W., Brackmann D.E. Facial nerve grading system. *Otolaryngol. Head Neck Surg*. 1985; 93:146–147.



References

1. Hodaie M., Quan J., Chen D. In vivo visualization of cranial nerve pathways in humans using diffusion-based tractography. *Neurosurgery*. 2010; 66 (4): 788–795; discussion 795–796. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000367613.09324.DA>.
2. Chen D., Quan J., Guha A., Tymianski M., Mikulis D., Hodaie M. Three-dimensional in vivo modeling of vestibular schwannomas and surrounding cranial nerves with diffusion imaging tractography. *Neurosurgery*. 2011; 68 (4): 1077–1083. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31820c6cbe>.
3. Taoka T., Hirabayashi H., Nakagawa H., Sakamoto M., Myochin K., Hirohashi S., Iwasaki S., Sakaki T., Kichikawa K. Displacement of the facial nerve course by vestibular schwannoma: preoperative visualization using diffusion tensor tractography. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2006; 24 (5): 1005–1010.
4. Koos W., Matula C., Lang J. Color Atlas of Micro-neurosurgery of Acoustic Neurinomas. 1st ed. Thieme, 2002. <https://doi.org/10.1055/b-002-51030>.
5. Fedorov A., Beichel R., Kalpathy-Cramer J., Finet J., Fillion-Robin J.-C., Pujol S., Bauer C., Jennings D., Fennessy F.M., Sonka M., Buatti J., Aylward S.R., Miller J.V., Pieper S., Kikinis R. 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. *Magn. Reson. Imaging*. 2012; 30 (9): 1323–1341. PMID: 22770690.
6. Jenkinson M., Beckmann C., Behrens T., Woolrich M., Smith S. FSL. *Neuro Image*. 2012; 62: 782–790.
7. House J.W., Brackmann D.E. Facial nerve grading system. *Otolaryngol. Head Neck Surg*. 1985; 93:146–147.

Для корреспонденции*: Пошатаев Владимир Кириллович – 125047 Москва, 4-я Тверская-Ямская ул., д. 16, каб. 722. НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко. Тел.: +7-906-716-8832. E-mail: glaser@list.ru

Пошатаев Владимир Кириллович – канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения хирургии парастволовых опухолей (№5) ФГАУ “НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко” Минздрава России, Москва.

Шиманский Вадим Николаевич – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора ФГАУ “НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко” Минздрава России, Москва.

Пронин Игорь Николаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заместитель директора ФГАУ “НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко” Минздрава России, Москва.

Таняшин Сергей Владимирович – доктор мед. наук, главный научный сотрудник отделения хирургии парастволовых опухолей (№5) ФГАУ “НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко” Минздрава России, Москва.

Подопригора Алексей Евгеньевич – канд. мед. наук, врач-нейрорентгенолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ “НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко” Минздрава России, Москва.

Шевченко Кирилл Викторович – канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения хирургии парастволовых опухолей (№5) ФГАУ “НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко” Минздрава России, Москва.

Contact*: Vladimir K. Poshataev – 125047 Moscow, 4 Tverskaya-Yamskaya str., 16, kab. 722. N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery. Phone: +7-906-716-88-32. E-mail: glaser@list.ru

Vladimir K. Poshataev – cand. of med. sci., neurosurgeon, N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.

Vadim N. Shimansky – doct. of med. sci., Professor, deputy-director of N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.

Igor N. Pronin – academician RAS, doct. of med. sci., Professor, deputy-director of N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.

Sergei V. Tanyashin – doct. of med. sci., chief scientific assistant, N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.

Alexei E. Podoprighora – cand. of med. sci., neuroradiologist N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.

Kirill V. Shevchenko – cand. of med. sci., neurosurgeon, N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.

Поступила в редакцию 21.02.2019.

Received on 21.02.2019.

Принята к печати 04.03.2019.

Accepted for publication on 04.03.2019.