

диотермокартирования // Электромагнитные волны и электронные системы. 2014. № 1. С. 27-34.

7. Бобрин А.Ф., Гудков А.Г., Леушин В.Ю. и др. Моделирование антенн-аппликаторов унифицированных антенных решеток модульного типа для многоканальных систем радиотермокартирования // Антенны. 2014. № 2. С. 17-26.
8. Анзимиров В.Л., Гудков А.Г., Леушин В.Ю. и др. Современные возможности и перспективы нейротепловидения // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 3. С. 49-54.

Александр Григорьевич Гудков,
д-р техн. наук, профессор,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Виталий Юрьевич Леушин,
канд. техн. наук, доцент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
гл. специалист,
ООО «НПП «Технологические инновации»,
Игорь Александрович Сидоров,
канд. техн. наук, начальник отдела,
АО «Концерн «Вега»,
Сергей Георгиевич Веснин,
канд. техн. наук, генеральный директор,
ООО «Фирма «РЭС»,
Игорь Олегович Порохов,
канд. технических наук, начальник сектора,
АО «ЦНИРТИ им. акад. А.И. Берга»,

Михаил Константинович Седанкин,
канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,
ФГБУ ГНИИЦ РТ МО РФ /
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
Светлана Викторовна Агасиева,
канд. техн. наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Российский университет
дружбы народов»,
гл. специалист,
ООО «НПП «Технологические инновации»,
Сергей Владимирович Чижиков,
аспирант,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
генеральный директор,
ООО «НПП «Технологические инновации»,
Евгения Николаевна Горлачева,
канд. эконом. наук, доцент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
гл. специалист,
ООО «НПП «Технологические инновации»,
Михаил Иванович Лазаренко,
д-р мед. наук, доцент,
ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России,
Василий Дмитриевич Шашиурин,
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,
кафедра «Технологии приборостроения»,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва,
e-mail: ooo.giperion@gmail.com

В.А. Бывальцев, И.А. Степанов, М.А. Алиев

Интраоперационная мультиспиральная компьютерная томография при хирургическом лечении интрадуральных опухолей спинного мозга

Аннотация

Статья посвящена новому техническому решению в хирургическом лечении интрадуральных опухолей спинного мозга - применению интраоперационной мультиспиральной компьютерной томографии (иМСКТ). Методика иМСКТ при сопоставлении с данными предоперационных магнитно-резонансных томограмм позволяет четко определить уровень расположения опухоли, минимизировать объем рассеечения мягких тканей и костной резекции и тем самым снизить риски развития различных нежелательных явлений. Указанный метод интраоперационной навигации может быть рекомендован к использованию в хирургическом лечении ИОСМ.

Введение

Различные методы интраоперационной навигации в нейрохирургии применяются с начала 90-х годов прошлого столетия. При этом большая часть данных методов навигации используется в краниальной нейрохирургии с целью улучшения эффективности и сокращения продолжительности выполняемого оперативного вмешательства [1]. В спинальной нейрохирургии интраоперационная навигация, в частности интраоперационная мультиспиральная компьютерная томография (иМСКТ), в основном применяется для точного введения винтовых систем в ножки позвонков и контроля расположения установленных имплантов [2]-[4].

Как известно, микронейрохирургическая резекция интрадуральных опухолей спинного мозга (ИОСМ) требует выполнения классических открытых (ламинэктомия) или минимально инвазивных методик (гемиламинэктомия, ламинотомия с ламинопластикой) [3]. Объем резекции костных структур позвонка во многом зависит от топографо-анатомической локализации ИОСМ, их размеров и правильности выполне-

ной предоперационной рентгенографической разметки. В ряде случаев изменение положения тела пациента на операционном столе может привести к смещению структур позвоночного канала, в том числе и ИОСМ, что значительно снижает точность рентгенографической разметки [4]. В свою очередь, это вынуждает нейрохирурга увеличивать объем рассеечения мягких тканей и резекции костных структур для улучшения визуализации ИОСМ. Безусловно, расширение анатомического коридора и увеличение объема резекции костных структур ассоциированы с развитием ряда нежелательных явлений, среди которых необходимо отметить следующие: послеоперационные деформации позвоночника и нестабильность его сегментов, сдавление твердой мозговой оболочки гематомой, формирование грубого оболочечно-спинномозгового рубца с нарушением ликвороциркуляции и стенозированием дурального мешка, а также инфекции в области хирургического вмешательства [5].

Методика иМСКТ при помощи различных режимов позволяет нейрохирургу определить точную локализацию ИОСМ на различных этапах выполнения оперативного вмешательства с учетом изменений положения тела пациента на операцион-

ном столе. Тем не менее поиск литературных источников в базах данных Pubmed, Medline и eLibrary показал наличие единичных сообщений, посвященных изучению эффективности использования иМСКТ в хирургическом лечении ИОСМ. При этом полученные авторами данные неоднозначны и во многом противоречивы [6], [7].

Цель исследования – оценка возможностей применения иМСКТ в хирургическом лечении ИОСМ различной локализации.

Материал и методы

Выполнено нерандомизированное ретроспективное когортное исследование. Предметом изучения в исследовании являлась медицинская документация пациентов, прооперированных по поводу ИОСМ различной локализации на базах Центра нейрохирургии НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский» ОАО «РЖД-Медицина» (г. Иркутск, Российская Федерация) и отделения нейрохирургии Городской клинической больницы № 7 (г. Алма-Ата, Казахстан) в период с апреля 2017 г. по март 2018 г. В исследование включены все медицинские карты пациентов с ИОСМ, микронеурохирургическое удаление которых выполнялось с применением иМСКТ (рис. 1) и обязательной патоморфологической верификацией. Критериями исключения из исследования являлись противопоказания к выполнению планового оперативного вмешательства по поводу ИОСМ: тяжелые нарушения проводимости и ритма сердца; тяжелое течение артериальной гипертензии; декомпенсированный сахарный диабет; тяжелая сердечная и/или дыхательная недостаточность; тяжелая почечная и/или печеночная недостаточность; метастатические опухоли.

Всем пациентам в предоперационном периоде выполняли комплексное клиничко-неврологическое обследование и магнитно-резонансную томографию (МРТ) спинного мозга на уровне поражения с внутривенным контрастированием в различных режимах (рис. 2а-в).

Оперативное вмешательство проводили под внутривенной анестезией с искусственной вентиляцией легких. Во всех случаях удаление опухолей выполнялось с достижением максимально возможной степени резекции при помощи микроне-

рохирургической техники, аппарата иМСКТ «Airo» («Brainlab», США) (рис. 2г, д), нейрофизиологического мониторинга «ISIS IOM» («Inomed», Германия) и под увеличением операционного микроскопа «OPMI Pentego 900» («Carl Zeiss», Германия) (рис. 2е). При прогнозировании злокачественной природы объемного образования и/или ее высокого пролиферативного потенциала по данным диффузионно-взвешенной МРТ [8] была использована флуоресцентная навигация с препаратом 5-аминолевулиновой кислоты Аласенс® («НИОПИК», Россия) в режиме визуализации «Blue-400», согласно современным клиническим рекомендациям. Удаленные объемные образования подвергались патоморфологическому исследованию (рис. 2ж). Патоморфологическая характеристика опухолей определялась в соответствии с международной гистологической классификацией опухолей центральной нервной системы ВОЗ от 2016 года [9].

Протокол исследования был одобрен этическим комитетом ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 7/1 от 10.02.2017 г.). Исследование проводилось в соответствии с принципами надлежащей клинической практики и Хельсинкской декларации [10]. Перед началом исследования пациенты предоставили письменное информированное согласие. Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение

С учетом критериев соответствия в исследование были включены медицинские карты 24 пациентов (19 мужчин, 5 женщин) в возрасте от 24 до 78 лет [средний возраст составил $(48 \pm 10,4)$ лет]. Среди всех случаев ИОСМ 17 (70,8 %) относились к группе эктрамедуллярных опухолей и 7 (29,1 %) — к группе интрамедуллярных опухолей спинного мозга. Клиническая характеристика и интраоперационные параметры исследуемой группы пациентов приведены в табл. 1.

Частота встречаемости рецидивов ИОСМ составила 4,16 % (гигантская шваннома на уровне тел позвонков L_1 и L_{II}). При анализе полученных данных верифицировано 4 (16,6 %) неже-



Рис. 1. Внешний вид аппарата иМСКТ «Airo» («Brainlab», США)

лательных явления (1 случай послеоперационной ликвореи и 3 случая инфекций в области хирургического вмешательства). Во всех случаях удалось купировать развитие указанных осложнений.

Интраоперационная навигация представляет собой один из важнейших способов оперативных вмешательств на головном мозге. В настоящее время методы интраоперационной навигации активно применяются и в спинальной нейрохирургии. Высокая эффективность методов интраоперационной навигации, в частности иМСКТ, доказана в хирургическом лечении дегенеративных заболеваний межпозвоночных дисков, спондилолистезов, а также травм позвоночника [11]. Бесспорно, применение иМСКТ позволяет облегчить установку винтов в ножки позвонков и значительно снизить риск развития послеоперационного неврологического дефицита. Еще одним немаловажным преимуществом использования иМСКТ в спинальной нейрохирургии является значимое снижение радиационного облучения медицинского персонала [12].

Таблица 1

Клиническая характеристика и интраоперационные параметры исследуемой группы пациентов

Локализация опухолей	Количество пациентов
Шейный отдел	7
Грудной отдел	3
Поясничный отдел	14
Патоморфологическая характеристика опухолей	
Шванномы (I степень по ВОЗ)	7
Менингиомы (I/II степени по ВОЗ)	4 (I степень по ВОЗ); 2 (II степень по ВОЗ)
Эпендимомы (I/II степени по ВОЗ)	2 (I степень по ВОЗ); 1 (II степень по ВОЗ)
Астроцитомы (I степень по ВОЗ)	2
Арахноидальные кисты	1
Гемангиобластомы	2
Дермоидные кисты	1
Нейрофибромы	1
Герминомы	1
Методика микронейрохирургической резекции опухолевой ткани	
Классическая открытая	11*; 4**
Минимально инвазивная	6*; 3**
Средняя продолжительность оперативного вмешательства, мин	217,4 ± 74,1*; 256,7 ± 88,5**
Средний объем кровопотери, мл	238,6 ± 44,2*; 241,8 ± 34,9**
Степень резекции опухолевой ткани	
Тотальная резекция (90...98 %)	16*; 6**
Субтотальная резекция (менее 90 %)	1*; 1**
Примечание – * – для экстрамедуллярных опухолей; ** – для интрамедуллярных опухолей.	

Исследования, посвященные использованию методики иМСКТ в хирургическом лечении ИОСМ, единичны, а их результаты трактуются неоднозначно. Как известно, МСКТ-граммы не позволяют четко визуализировать структуры позвоночного канала, в отличие от МРТ-грамм. Тем не менее сопоставление предоперационных МРТ-грамм и интраоперационных МСКТ-грамм в различных режимах, на наш взгляд, позволяет четко определить локализацию ИОСМ и ее взаимоотношение с окружающими анатомическими структурами. Согласно нашим данным, использование иМСКТ в хирургическом лечении ИОСМ позволяет четко определить уровень расположения опухоли, минимизировать объем рассечения мягких тканей и костной резекции, тем самым снижая риски

развития различных нежелательных явлений. Указанное мнение полностью согласуется с результатами исследования Stefini с соавт. [6]. Кроме того, использование иМСКТ также позволяет определить длину рассечения твердой мозговой оболочки, а в случаях интрамедуллярных опухолей – границы миелотомии.

Особенно важным представляется использование иМСКТ в хирургическом лечении небольших ИОСМ, расположенных на грудном уровне. Определение локализации ИОСМ на грудном уровне с использованием рутинной флуороскопии, как правило, требует выполнения большого количества снимков, тем самым значительно повышая радиационную нагрузку на медицинский персонал, что связано с наложением рентгенологических теней от плеч и органов грудной клетки.

Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые необходимо обозначить. Во-первых, исследование имеет ретроспективный характер и включает в себя небольшое количество медицинских карт респондентов, что не могло не отразиться на данных статистического исследования. Во-вторых, нами не учитывались количественные характеристики радиационного излучения при использовании иМСКТ с целью сравнения с таковыми при применении рутинной флуороскопии. И в-третьих, в исследовании не проведен клиничко-экономический анализ затрат использования иМСКТ в сравнении с рутинной флуороскопией. Безусловно, необходимо дальнейшее изучение возможностей применения иМСКТ в хирургическом лечении ИОСМ на большем количестве респондентов и с включением нескольких нейрохирургических центров.

Заключение

Проведенное исследование показало, что методика иМСКТ является эффективным методом интраоперационной навигации в хирургическом лечении ИОСМ различной локализации. При сопоставлении с данными предоперационных МРТ-грамм иМСКТ позволяет четко визуализировать уровень расположения опухоли, ее локализацию и расположение в позвоночном канале, а также профилировать развитие ряда нежелательных явлений в послеоперационном периоде за счет минимизации объема рассечения мягких тканей и костной резекции, дуротомии и миелотомии. Указанный метод интраоперационной навигации может быть рекомендован к широкому применению при хирургическом лечении ИОСМ.

Список литературы

- Galloway R.L. Jr., Maciunas R.J., Edwards C.A. Interactive image-guided neurosurgery // IEEE Trans. Biomed. Eng. 1992. Vol. 39. № 12. PP. 1226-1231.
- Бывальцев В.А., Сорокинов В.А., Дамдинов Б.Б., Бельых Е.Г., Середя Э.В., Панасенков С.Ю. и др. Факторы, влияющие на исход хирургического лечения экстрамедуллярных опухолей спинного мозга: мультицентровое исследование // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2014. № 6. С. 15-23.
- Ling J.M., Dinesh S.K., Pang B.C., Chen M.W., Lim H.L., Louange D.T. Routine spinal navigation for thoraco-lumbar pedicle screw insertion using the O-arm three-dimensional imaging system improves placement accuracy // J. Clin. Neurosci. 2014. Vol. 21. № 3. PP. 493-498.
- Roccucci P., Peron S., Minotti M.R., Stefini R. Real-time navigation in spinal surgery: What has it changed in surgical practice? [published online ahead of print May 4, 2016] // J. Neurosurg. Sci. 2016.
- Behmanesh B., Gessler F., Quick-Weller J., Spyranitis A., Imöhl L., Seifert V. et al. Regional Spinal Cord Atrophy Is Associated with Poor Outcome After Surgery on Intramedullary Spinal Cord Ependymoma: A New Aspect of Delayed Neurological Deterioration // World Neurosurg. 2017. Vol. 100. PP. 250-255.

6. *Stefini R., Peron S., Mandelli J., Rocucci P.* Intraoperative Spinal Navigation of Intradural Tumors: Technical Notes [published online ahead of print Aug 5, 2017] // *Operative Neurosurgery*. 2017.
7. *Mannion R.J., Nowitzke A.M., Efendy J., Wood M.J.* Safety and efficacy of intradural extramedullary spinal tumor removal using a minimally invasive approach // *Neurosurgery*. 2011. Vol. 68. № 1. Vol. 208-216.
8. *Бывальцев В.А., Ступак В.В., Степанов И.А., Кичигин А.И.* Применение коэффициента диффузии в предоперационной оценке пролиферативного потенциала опухолей позвоночного канала // *Хирургия позвоночника*. 2017. № 3. С. 93-99.
9. *Louis D.N., Perry A., Reifenberger G. et al.* The 2016 World Health Organization histological classification of tumors of the central nervous system: A summary // *Acta Neuropathol*. 2016. Vol. 131. № 6. PP. 803-820.
10. *Williams J.R.* The Declaration of Helsinki and public health // *Bulletin of the World Health Organization*. 2008. Vol. 86. № 8. PP. 650-652.
11. *Bresnahan L., Ogden A.T., Natarajan R.N., Fessler R.G.* A biomechanical evaluation of graded posterior element removal for treatment of lumbar stenosis: Comparison of a minimally invasive approach with two standard laminectomy techniques // *Spine*. 2009. Vol. 34. № 1. PP. 17-23.
12. *Gebhard F.T., Kraus M.D., Schneider E., Liener U.C., Kinzi L., Arand M.* Does computer-assisted spine surgery reduce intraoperative radiation doses? // *Spine*. 2006. Vol. 31. № 17. PP. 2024-2027.

Вадим Анатольевич Бывальцев,
 д-р мед. наук, зав. курсом нейрохирургии,
 ФГБОУ ВО «ИГМУ» Минздрава России,
 руководитель научно-клинического
 отдела нейрохирургии,
 ФГБНУ ИНЦХТ,
 профессор,
 кафедра травматологии, ортопедии
 и нейрохирургии,
 ФГБОУ ДПО ИГМАПО – филиал РМАНПО,
 гл. нейрохирург,
 Дирекция здравоохранения ОАО «РЖД»,
 руководитель,
 Центр нейрохирургии НУЗ ДКБ
 на ст. Иркутск-Пассажирский ОАО «РЖД»,
 Иван Андреевич Степанов,
 аспирант курса нейрохирургии,
 ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России,
 г. Иркутск,
 Марат Амангелдиевич Алиев,
 канд. мед. наук, зав. отделением нейрохирургии,
 Городская клиническая больница № 7,
 г. Алма-Ата,
 докторант курса нейрохирургии,
 ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России,
 г. Иркутск,
 e-mail: byval75vadim@yandex.ru



Рис. 2. МРТ-, иМСКТ-граммы, интраоперационная и патоморфологическая картины интрадуральной экстрамедуллярной опухоли спинного мозга (невринома) на уровне нижнего края тела L_{II} позвонка: а) МРТ-грамма, сагитальный срез, T2-ВИ; б) МРТ-грамма, фронтальный срез, T2-ВИ; в) МРТ-грамма, аксиальный срез, T2-ВИ; г) иМСКТ-грамма, фронтальный срез; д) иМСКТ-грамма, аксиальный срез; е) интраоперационная фотография, этап выделения опухоли; ж) световая микроскопия, окраска гематоксилином и эозином, картина эпителиодной невриномы