

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ НАВИГАЦИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КТ И МРТ У ПАЦИЕНТА С ОПУХОЛЬЮ МЕЖЖЕЛУДОЧКОВОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

Колсанов А.В.¹, Зельтер П.М.¹, Хобта Р.В.²,
Чаплыгин С.С.¹, Манукян А.А.²

Цель исследования. Оценить опыт использования интраоперационной навигации с помощью разработанной в СамГМУ системы «Автоплан» на основании моделирования данных компьютерной и магнитно-резонансной томографии у пациента с внутримозговой опухолью.

Материалы и методы. На основе выполненных томографических исследований проведена сегментация в системе «Автоплан»: выделены кости черепа, вещество головного мозга, желудочки. Во время операции была использована навигация: при помощи стереокамер полученная модель совмещалась с телом пациента, а с помощью щупа определялась оптимальная траектория движения.

Результаты. Послеоперационный период у пациента проходил без осложнений, при МР-контроле данных за остаточную ткань получено не было. При операции хирурги отмечали большее удобство при локализации новообразования, меньшие разрез и травматизацию вещества головного мозга, меньшую длительность операции и отсутствие необходимости выполнения интраоперационной визуализации.

Ключевые слова: навигация, сегментация, КТ, МРТ, опухоль головного мозга.

Контактный автор: Зельтер П.В., e-mail: pzelter@mail.ru

Для цитирования: Колсанов А.В., Зельтер П.М., Хобта Р.В., Чаплыгин С.С., Манукян А.А. Первые результаты применения интраоперационной навигации на основе данных КТ и МРТ у пациента с опухолью межжелудочковой перегородки. REJR 2020; 10(4):271-276. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-4-271-276.

Статья получена: 10.12.19

Статья принята: 22.09.20

FIRST RESULTS OF INTRAOPERATIVE NAVIGATION BASED ON CT AND MRI DATA IN A PATIENT WITH A SEPTUM PELLUCIDUM TUMOR

Kolsanov A.V.¹, Zelter P.M.¹, Hobta R.V.², Chaplygin S.S.¹, Manukyan A.A.²

Purpose. To evaluate experience of using intraoperative navigation with the help of Avtoplan system developed at Samara State Medical University on the basis of modeling data of computer and magnetic resonance imaging in a patient with an intraventricular tumor.

Materials and methods. Based on the performed tomographic studies, segmentation was performed in Avtoplan system: skull bones, brain matter, ventricles were distinguished. During the operation, navigation was used: with the help of stereo cameras the obtained model was combined with the patient's body, and with the help of an instrument the optimal trajectory of movement was determined.

Results. Postoperative period passed without complications, no MR data for residual tissue was obtained. During the operation, surgeons noted greater convenience in the localization of the neoplasm, a smaller incision and traumatization of the brain substance, a shorter duration of the operation and the absence of the need for intraoperative imaging.

Keywords: navigation, segmentation, CT, MRI, brain tumor.

1 - ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет. г. Самара, Россия.
2 - ГБУЗ Самарский областной клинический онкологический диспансер. г. Самара, Россия.

1 - Samara state medical University. Samara, Russia.
2 - Samara regional clinical oncological dispensary. Samara, Russia.

Corresponding author: Zelter P.M., e-mail: pzelter@mail.ru

For citation: Kolsanov A.V., Zelter P.M., Hobta R.V., Chaplygin S.S., Manukyan A.A.. First results of intraoperative navigation based on CT and MRI data in a patient with a septum pellucidum tumor. REJR 2020; 10(4):271-276. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-4-271-276.

Received: 10.12.19

Accepted: 22.09.20

Интраоперационная навигация - это использование различных технологий для осуществления прецизионной локализации цели во время операции у реального больного. Современные навигационные системы, используемые в нейрохирургии, разделяются на две большие группы: 1 - стереотаксические системы; используют жесткую привязку головы и больного к направляющей раме, к которой крепится хирургический инструмент, 2 - системы, использующие пространственную привязку больного в пространстве вокруг операционного стола; движения инструмента отслеживаются системой и, в реальном времени указывается, где он находится.

Использование безрамочных систем активно применяется в челюстно-лицевой хирургии и нейрохирургии [1]. Наиболее распространенными являются продукты компаний BrainLab и Medtronic. В настоящее время в мире установлено несколько тысяч подобных систем [2]. При этом распространение в России безрамочной нейронавигации ограничивает относительно высокая стоимость и необходимость повторной калибровки с участием специалистов компании.

В Центре прорывных исследований СамГМУ «Информационные технологии в медицине» система по интраоперационной навигации разрабатывается в рамках проекта «Автоплан» группой специалистов, включающей в себя программистов, врачей-хирургов и врачей-рентгенологов. Ведется совместная разработка и внедрение в клиническое использование [3].

Цель работы.

Представить первый опыт использования системы по предоперационному планированию и навигации на основании данных КТ и МРТ у пациента с опухолью межжелудочковой перегородки.

Материалы и методы. Пациент Р., 1959 г.р., впервые обратился за помощью 25.01.2019 г. с жалобами на общую слабость, сильные головные боли. Считал себя больным в течение нескольких месяцев, обратился в ЛПУ по месту жительства, где была выполнена КТ в стандартном режиме без введения контрастного

вещества. На полученных томограммах была обнаружена опухоль головного мозга. Далее пациент был направлен в Самарский клинический онкологический диспансер на дообследование. 29.01.19 г. была проведена МРТ головного мозга на аппарате GE Optima MR360 с индуктивностью 1.5 Тесла в режимах T1-ВИ, T2-ВИ, FLAIR, DWI, SWAN, с внутривенным введением контрастного вещества и получением постконтрастных сканов в режиме T1-ВИ в трёх проекциях. На полученных изображениях в области прозрачной перегородки выявлено образование овоидной формы, распространяющееся в боковые желудочки, неомогенной структуры, размерами 27x19x21 мм. Определялся повышенный сигнал в режимах T2 и FLAIR, изогипосигнал в T1-ВИ. При контрастировании отмечается неомогенное усиление с визуализацией зоны некроза (рис. 1).

Для моделирования костей черепа пациенту выполнено КТ на аппарате Philips Brilliance 64. Для указанных целей введения контрастного вещества не требовалось (рис. 2).

Результаты.

Была проведена сегментация полученных данных КТ и МРТ для предоперационного 3D-моделирования интраоперационной навигации. Для этого данные в формате DICOM загружались в систему «Автоплан», разработанную в СамГМУ [3]. Система планирования и контроля операции «Автоплан» представляет собой программно-аппаратный комплекс, направленный на поддержку всего жизненного цикла оперативного вмешательства: начиная от предоперационного планирования (локализации анатомических структур), продолжая содействовать хирургу при открытых и чрескожных операциях, заканчивая контролем результатов хирургического лечения. Комплекс состоит из трех систем: визуализации данных лучевых методов исследования, предоперационного планирования и хирургической навигации. На первом этапе врач-рентгенолог на основе КТ и МРТ исследований пациента создает 3D-реконструкции органов, сосудистых структур с выделением патологических зон. Далее хирург планирует операцию на основе полученной 3D-модели, устанавливает анатомические ориентиры, выбирает траекторию и безопасные преде-

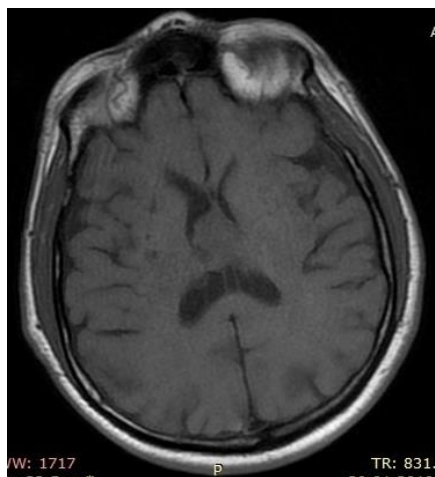


Рис. 1 а (Fig. 1 a)

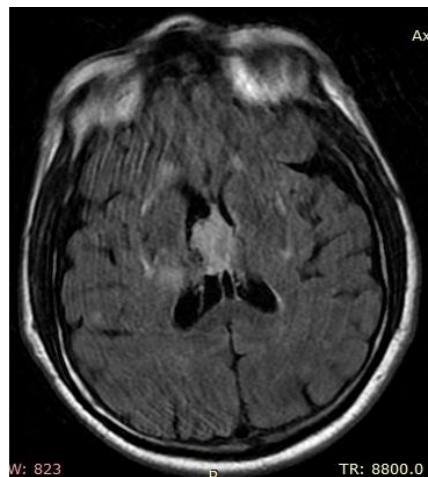


Рис. 1 б (Fig. 1 b)

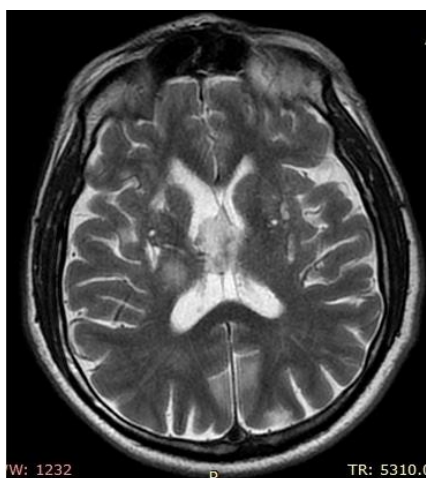


Рис. 1 в (Fig. 1 c)

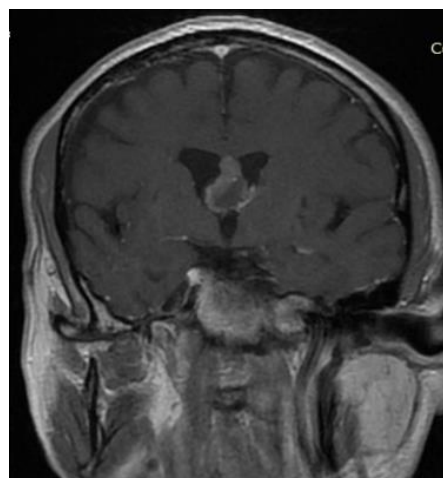


Рис. 1 г (Fig. 1 d)

Рис. 1. МРТ с контрастированием от 29.01.19 г. а - режим T2-ВИ, аксиальная плоскость; б - T1-ВИ, аксиальная плоскость; в - FLAIR, аксиальная плоскость; г - T1-ВИ с контрастным усилением в корональной плоскости.

В области прозрачной перегородки определяется образование овоидной формы с гиперсигналом на T2-ВИ и FLAIR, изогипосигналом в T1-ВИ с неомогенным постконтрастным усилением. Перифокальный отек не выражен.

Fig. 1. MRI with contrast enhancement dated 01.29.19. а - T2-weighted, axial view; б - T1-weighted, axial view; в - FLAIR, axial view; г - T1-weighted, coronal view enhanced images.

In the area of septum pellucidum, there is an ovoid tumor with hypersignal on T2 and FLAIR, an isohypointense in T1 with inhomogeneous post-contrast enhancement. Perifocal edema is not pronounced.

лы хирургического доступа. Сопровождая хирургическое вмешательство, система визуализации проецирует на кожу персонифицированную анатомическую 3D-модель. Для этого используется монитор, установленный в операционной. Это позволяет хирургу наметить оптимальные точки входа, уменьшает разрез и объем хирургического доступа. Система хирургической навигации обеспечивает хирургу непрерывный контроль над траекторией доступа, а также над положением хирургического инструмента, что позволяет сопоставить имеющуюся

информацию с хирургическим планом.

При сегментации данных пациента Р. в автоматическом режиме производилась сегментация черепа и головного мозга, желудочков, выделение опухоли проводилось с помощью плагина «интерполяция», в которой врачурентгенологу необходимо в ручном режиме выделить контур опухоли на нескольких срезах исследования, между которыми программа «Автоплан» автоматически выделяет контур новообразования. Полученная полигональная модель показана на рисунке 3.



Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. КТ головного мозга, аксиальная плоскость, мягкотканое окно.

В области прозрачной перегородки визуализируется изоденное образование овоидной формы.

Fig. 2. CT of the brain, axial view, soft tissue preset.

An isodense tumor of an ovoid shape is visualized in the area of the septum pellucidum.

19.04.2019 г. пациенту была проведена операция: краниотомия, удаление опухоли межжелудочковой перегородки. При патологоанатомическом исследовании определялось: фрагментированная белесоватая ткань общим объемом 2 см. Микроописание: Пилоцитарная астроцитома, G1 (ВОЗ).

Во время операции использовались два вида навигации – ультразвуковой и с помощью системы «Автоплан», основанный на инфракрасном трекинге. В операционной были установлены стереокамера, компьютер с монитором, на который транслировалось изображение совмещенного КТ-МРТ исследования и полигональной модели. Перед выполнением разреза хирург специальной указкой-щупом с инфракрасной меткой указывал естественные анатомические ориентиры (надбровные дуги, нижний край глазницы, переносицу и др.). Система связывала трехмерную полигональную модель с реальным положением головы больного. После регистрации навигационная система выдает точность соответствия головы пациента и виртуальной модели на мониторе (рис. 4).

Далее под контролем изображения с монитора системы навигации в режиме реального времени с помощью щупа планировался оптимальный кожный разрез и краниотомия, определяли оптимальное место энцефалотомии, траекторию до опухоли и границы опухоли. После

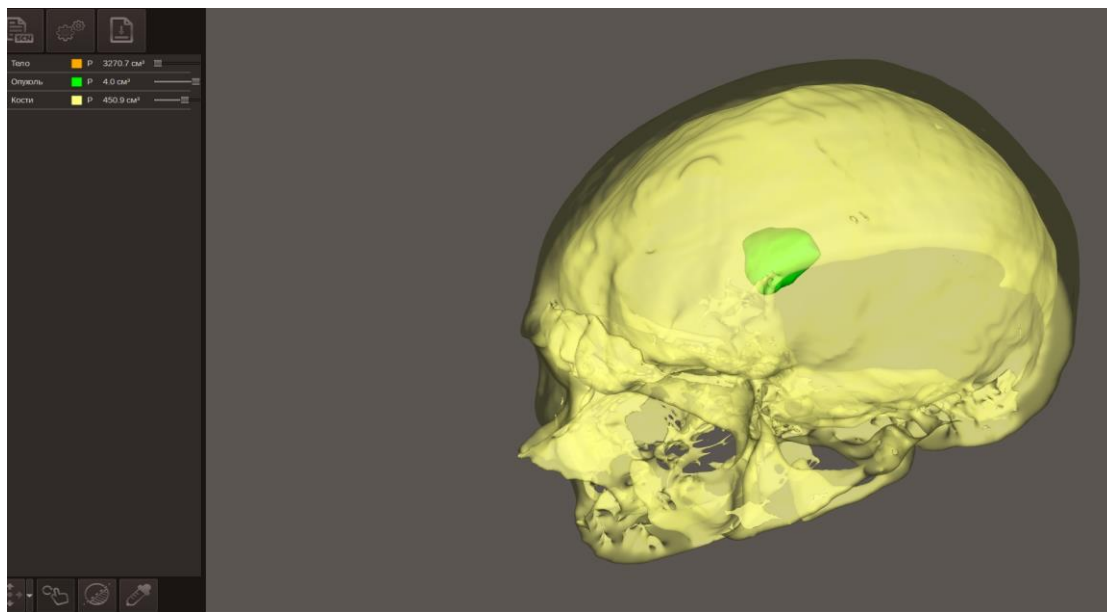


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. Полигональная модель черепа (полупрозрачная) и опухоли.

Показан интерфейс программы-просмотрщика моделей: в левом верхнем углу список сегментаций с указанием объема. С помощью бегунка проводится изменение прозрачности. В левом нижнем углу представлены инструменты редактирования (виртуальная резекция) и просмотра модели (поворот, передний, задний вид).

Fig. 3. Polygonal model of the skull (translucent) and tumor.

The model viewer interface is shown: in the upper left corner is a list of segmentation with an indication of the volume. The transparency is changed using the slider. In the lower left corner, there are tools for editing (virtual resection) and viewing the model (rotation, anterior, posterior).

трепанации хирурги также корректировали направление хирургического вмешательства, контроль траектории осуществлялся с помощью интраоперационного УЗИ и системы навигации «Автоплан», Хирург в любой момент мог с точностью до 1 мм контролировать положение инструмента, планировать траекторию доступа и достигать выбранной точки наиболее коротким и малоинвазивным путем.

При сравнении двух навигационных систем: ультразвуковой и инфракрасной данные по направлению и расстоянию до новообразования идентичны. Нейрохирурги положительно оценили удобство визуализации данных и четкую картину отображаемой информации.

Обсуждение.

Опухоли головного мозга составляют внушительную часть от общего числа онкологических заболеваний, более того, смертность от опухолей головного мозга занимает 6-7 место среди причин смерти от злокачественных опухолей [4].

При проведении нейрохирургических операций одной из самых сложных задач является успешное удаление опухолей головного мозга.



Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. Фотография.

Вид из операционной: установлена стерео-камера, монитор с мультипланарной и 3D-реконструкцией с сегментированной опухолью. В руке у хирурга инструмент-щуп с инфракрасными метками для определения положения в пространстве.

Fig. 5. Photo.

View from the surgery room: stereo camera, monitor with multiplanar and 3D reconstruction with a segmented tumor are shown. In the surgeon's hand is a probe tool with infrared marks to determine the position in space.

На данный момент самой оптимальной стратегией в хирургии опухолей головного мозга является нейрохирургическое вмешательство с тотальным или субтотальным удалением опухолевой ткани, а также послеоперационной лучевой и химиотерапией. При этом стоит цель максимально удалить опухолевую ткань, соблюсти физиологическую дозволенность и получить гистологический диагноз, который даст точный взгляд на прогноз и возможность выбора адьювантной терапии.

Выживаемость пациента прямо связана с радикальностью операции, а объем хирургического вмешательства имеет различное прогностическое значение. Качество жизни пациента и её продолжительность – принципиальная задача лечения.

В настоящее время большинство нейрохирургов проводят операции, опираясь на свои знания топографии и пространственное изображение [5]. Из-за этого при малых размерах объекта существует риск ошибки в точности доступа и радикальности удаления опухоли. Решением данной проблемы являются различные навигационные системы, обеспечивающие стереотаксическую точность, без стереотаксической рамки вне зависимости от локализации [6, 7].

В процессе исследования нами был оценён опыт использования интраоперационной навигации с помощью разработанной в СамГМУ системы «Автоплан». Разработанный алгоритм комплексного применения интраоперационной навигации при удалении опухолей головного мозга позволяет уменьшить хирургическую травму мозга, снизить интраоперационную кровопотерю, повысить радикальность, минимизировать риск повреждения основных функционально-значимых зон и сосудов головного мозга.

Использование в процессе лечения системы безрамочной навигации «Автоплан» позволило провести оптимальное планирование и выполнение оперативного доступа. По сравнению с интраоперационной ультразвуковой навигацией точность оказалась сравнимой, но метод не требует дополнительной визуализации во время операции.

Заключение.

Предоперационное моделирование является ценным инструментом, который представляет информацию хирургу в более удобном и наглядном виде, позволяет точно определить топографо-анатомические взаимоотношения в области предполагаемого вмешательства.

Применение навигационного комплекса «Автоплан» для хирургического лечения пациентов с новообразованиями головного мозга позволяет повысить качество вмешательства. На данном этапе внедрения проведены единичные

подобные вмешательства, проводится набор числовых показателей для объективной оценки контрольной и исследуемой групп.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Список Литературы:

1. Григорян А.А. Использование навигационной системы BrainLab при операциях по поводу опухолей и аневризм головного мозга. Материалы VII международного симпозиума "Новые технологии в нейрохирургии". СПб, 2004. 150 с.
2. Холявин А.И., Низковолос В.Б., Аничков А.Д. Прецизионная стереотаксическая безрамная нейронавигация. Медицинская техника. 2016; 4: 26-8.
3. Колсанов А. В., Манукян А. А., Зельтер П. М., Чаплыгин С. С., Капишников А. В. Виртуальное моделирование операции на печени на основе данных компьютерной томографии. Анналы хирургической гепатологии. 2016; 4 (21): 16-22.
4. Сиразеева А. А. Динамика онкологическом заболеваемости в регионах Российской Федерации. Статистика и экономика. 2012; 5.

References:

1. Grigoryan A. A. Using the Brainlab navigation system in operations for brain tumors and aneurysms. Proceedings of the VII Charter of the international Symposium "New technologies in neurosurgery". Saint Petersburg, 2004. 150 p. (in Russian)
2. Kholiyavin A. I., Nizkovolos V. B., Anichkov A.D. Precision stereotactic frameless neuronavigation. Medical equipment. 2016; 4: 26-8. (in Russian)
3. Kolsanov A.V., Manukyan A. A., Zelter P. M., Chaplygin S. S., Kapishnikov A.V. Virtual modeling of liver surgery based on computed tomography data. Annals of surgical Hepatology. 2016; 4 (21): 16-22. (in Russian)
4. Sirazeeva A. A. Dynamics of cancer incidence in the regions of the Russian Federation. Statistics and Economics. 2012; 5. (in

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

5. Lozano A.M., Gildenberg P.L., Tasker R.R. (Eds.) Textbook of Stereotactic and Functional Neurosurgery. Springer. Verlag, 2009.
6. Кривошапкин А.А., Семин П.А., Мелиди Е.Г., Каньгин В.В. Нейронавигация в малоинвазивной хирургии опухолей головного мозга. Материалы III съезда нейрохирургов России. СПб, 2002. 119-120 с.
7. Eisner W., Burtscher J., Bale R. Use of neuronavigation and electrophysiology in surgery of subcortically located lesions in the sensorimotor strip. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. 2002; 72: 378 - 381.

5. Lozano A.M., Gildenberg P.L., Tasker R.R. (Eds.) Textbook of Stereotactic and Functional Neurosurgery. Springer. Verlag, 2009.
6. Krivoshapkin A. L., Semin P. A., Melidi E. G., Kanygin V. V. Neuronavigation in minimally invasive surgery of brain tumors. Materials for the III Congress of neurosurgeons of Russia. Saint Petersburg, 2002. 119-120 p. (in Russian)
7. Eisner U., Burtscher J., bale R. Use of neuronavigation and electrophysiological examination of the heart in surgery for subcortical-stem lesions located in the sensorimotor band. Neurosurgeon, U. Psychiatry. 2002; 72: 378 - 381.