

ОРИГИНАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

ПРЕДОПЕРАЦИОННАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ГИСТОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА ОПУХОЛЕЙ МОЗГОВЫХ ОБОЛОЧЕК ПО ДАННЫМ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

^{1,2}Кривошапкин А.Л., ²Сергеев Г.С., ³Курбатов В.П., ^{1,2}Гайтан А.С., ⁴Дуйшобаев А.Р., ⁵Пятов С.М., ⁶Мишинов С.В., ⁷Кальнеус Л.Е., ⁸Янченко А.А., ⁹Волков А.М.

¹ ГБОУ ВПО НГМУ Минздрава России, г. Новосибирск.3

² Европейский Медицинский Центр, Москва,

³ КДЦ МЕДСИ на Красной Пресне

⁴ Медицинский центр «Кардио Азия Плюс»

⁵ Негосударственное учреждение здравоохранения «Дорожная клиническая больница на станции Новосибирск — Главный Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» Россия, Новосибирск

⁶ Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение «Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им Я.Л. Цивьяна» Министерства Здравоохранения Российской Федерации 630091 г. Новосибирск

⁷ ООО «Сибнейро», Россия г. Новосибирск.

⁸ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 15.

⁹ «ФГБУ ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России г. Новосибирск.

Цель работы: Опухоли мозговых оболочек — это обширная группа разнородных новообразований. В статье речь пойдет о менингиомах, мезенхимальных неменинготелиальных опухолях и гемангиоэперицитоммах. Предоперационная верификация гистологического подтипа и плотности опухолей мозговых оболочек влияют на подходы и прогнозы хирургического лечения. Анализ структуры этой группы новообразований на сегодняшний день производится с помощью различных МР-модальностей. В настоящей статье приведен анализ работы разработанного нами алгоритма обработки МР-изображений для дооперационной верификации гистологического типа и подтипа опухолей оболочек мозга.

Материалы и методы. Проанализированы МРТ данные и заключения гистологического анализа 47 пациентов. МРТ головного мозга перед оперативным лечением проводилось на МР томографах: GE Signa 1.5 T, Toshiba Excelart Vantage. 1.5 T, Toshiba Atlas — XGV, 1.5 T. В исследуемых группах у 31 пациента были доброкачественные менингиомы (Grade I): 13 пациентов с менингиома-подобным субтипом, 10 с фибропластическим и 8 с переходным субтипом. У одного пациента был переходный тип менингиомы (атипическая менингиома, GRADE II). Шесть пациентов имели злокачественный тип менингиом (GRADE III), у 6 других больных диагностировали гемангиоэперицитомы и у 3 — первичные интракраниальные саркомы.

Результаты. Чувствительность алгоритма для определения фибропластического, менинготелиоматозного субтипа менингиом, анапластических и атипических менингиом, включая первичные интракраниальные фибросаркомы и гемангиоэперицитомы, составила от 91 до 94,2% для томографов разных производителей.

Заключение. Разработанный алгоритм с высокой чувствительностью и специфичностью верифицирует гистологический тип и субтип опухолей мозговых оболочек при анализе магнитно-резонансных томограмм. Однако смещение интервалов пиков гистограмм при обработке МР-изображений томографов разных производителей предопределяет проведение дальнейших исследований.

Ключевые слова: опухоли мозговых оболочек, менингиомы, гемангиоэперицитомы, верификация гистологии

Introduction: Meningeal tumors present the large group of different mass lesion. This article describes meningiomas, hemangiopericytomas and various non-meningeal mesenchymal tumors. Preoperative verification of histological subtype and meningeal tumor density influences of treatment strategy selection and prognosis of surgical outcomes. Nowadays the analysis of these mass lesions is performed using various MRI methods.

Objective: to analyze the development algorithm of MRI images processing for preoperative verification of histological type and subtype of meningeal tumors.

Material and methods: We analyzed MRI data and histological final conclusion of 47 patients. Preoperative brain MRI performed using the following devices: GE Signa 1.5 T, Toshiba Excelart Vantage. 1.5 T, Toshiba Atlas — XGV, 1.5 T. Among all examined patients 31 patients had benign meningiomas (Grade I): 13 — meningotheiomatous subtype, 10 — fibroplastic subtype and 8 — intermediate subtype. One patient had intermediate type of meningioma (atypical meningioma, GRADE II), 6 patients had malignant type of meningiomas (GRADE III), 6 others — hemangiopericytomas and 3 patients suffered from primary intracranial sarcomas.

Results: Sensitivity of algorithm for verification of fibroplastic and meningotheiomatous subtypes of meningiomas, anaplastic and atypical meningiomas including primary intracranial sarcomas and hemangiopericytomas consists of 91 — 94,2% for tomographs of various companies.

Conclusion: The developed algorithm with high sensitivity and specify verifies histological type and subtype of meningeal tumors while analyzing MR tomograms. However, the dislocation of histogram peaks intervals during processing of MRI images of tomographs of various companies required the following studies.

Key words: meningeal tumors, meningiomas, hemangiopericytomas, histology verification.

Введение

Опухоли мозговых оболочек — это обширная группа разнородных новообразований, происходящих из менинготелиальных (арахноидальных) клеток, исходящих из нейромезенхимы или лептоменингеальных меланоцитов и имеющих тенденцию фиксации к твердой мозговой оболочке [1]. Данная группа включает в себя доброкачественные и злокачественные образования. В статье речь пойдет о менингиомах, мезенхимальных неменинготелиальных опухолях и гемангиоперицитомах. Менингиомы — как правило, доброкачественные опухоли, возникающие из паутинной оболочки головного мозга. По данным статистического отчета центрального реестра опухолей головного мозга США (CBTRUS), они являются наиболее часто встречаемыми новообразованиями, на долю которых приходится 35,5% всех опухолей ЦНС [1, 2]. Менингиомы выявлены на приблизительно 3% аутопсий у пациентов старше 60 лет. В случае наличия у пациента бессимптомной менингиомы небольших размеров, основополагающей тактикой является наблюдение с периодическим МРТ-контролем [3—6].

Появление симптомов, наличие роста опухоли мозговых оболочек на серии контрольных снимков является основным показанием для хирургической резекции. Плотность, размер, расположение и гистологический субтип новообразования выступают наиболее важными факторами в определении хирургического доступа к опухоли и достижении тотальной резекции с минимальным риском послеоперационных неврологических нарушений [7]. Опухоли, располагающиеся на основании черепа, часто спаяны с черепно-мозговыми нервами, артериями и могут сдавливать ствол головного мозга [8].

Фибропластические менингиомы чаще других гистологических субтипов менингиом обладают плотной консистенцией [9]. К. Little и соавт. в своем исследовании показали, что риск повреждения черепных нервов при удалении менингиом петрокливаляльной области значительно увеличивается при ее фиброзной консистенции [10]. Также важными моментами хирургии менингиом являются сохранение регионарного кровообращения головного мозга и меры компрессионного воздействия на него при тракции. Эти факторы тесно взаимосвязаны [11].

Предоперационная верификация гистологического подтипа и плотности опухолей мозговых оболочек влияет на подходы и прогнозы хирургического лечения.

Анализ структуры этой группы новообразований на сегодняшний день производится с помощью различных МР-модальностей. Однако чувствительность и специфичность методик в разных исследованиях колеблется в широких пределах, от 33 до 100%. В настоящей статье приведен анализ работы разработанного нами алгоритма обработки МР-изображений для дооперационной верификации гистологического типа и субтипа опухолей оболочек мозга.

Материал и методы*Информация о пациентах*

Исследование проводилось в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. и одобрено местным Этическим комитетом.

Для тестирования математического алгоритма было проведено многоцентровое ретроспективное исследование, для которого были отобраны:

35 пациентов с опухолями оболочек головного мозга, пролеченных в НУЗ «Дорожная клиническая больница на станции Новосибирск-Главный ОАО «Российские железные дороги», ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт патологии кровообращения имени академика Е. Н. Мешалкина» Минздрава России. Средний возраст пациентов составил $57,6 \pm 2,84$ года ($\pm m$, 38—72 лимит), среди которых: женщин 19 (59,38%), мужчин 13 (40,62%). До оперативного вмешательства пациентам выполнена МРТ головного мозга на аппарате GE Signa 1.5 T (GE Healthcare, Little Chalfont, USA) с использованием стандартной головной катушки и включающего следующие импульсные последовательности: T1 SE в сагиттальной плоскости, TE/TR = 9/500 мс, толщина среза 5 мм; DWI в аксиальной плоскости при $b = 1\ 000$, TE/TR = 81,8/7 000 мс, толщина среза 5 мм; T2 FRF SE (Fast Relaxation Fast Spin Echo Sequence) в аксиальной плоскости TE/TR = 85,4/4 240 мс, толщина среза 5 мм; 3DT1 SPGR (Spoiled Gradient Echo) в аксиальной плоскости, TE/TR = 9/30 мс, толщина среза 1,5 мм до введения контрастного вещества и с контрастированием (гадолиний диэтиленetriамин пентауксусная кислота);

12 пациентов были пролечены в Новосибирском НИИ травматологии и ортопедии имени Я.Л. Цивьяна. Средний возраст пациентов $55,3 \pm 2,94$ года, ($\pm m$, 14—77 лимит), среди которых женщин 9 (75%), мужчин 3 (25%). До оперативного вмешательства пациентам была выполнена МРТ головного мозга на аппаратах Toshiba Excelart Vantage 1.5 T, Toshiba Atlas —XGV, 1.5 T (Toshiba Medical Systems Corporation, Japan): T1 SE в сагиттальной плоскости TE/TR=10/708 мс, толщина среза 6 мм, DWI Isotropic в аксиальной плоскости при $b = 1000$, TE/TR 100/5900 мс, толщина среза 6 мм, T2 FSE в аксиальной плоскости TE/TR=105/5000 мс, толщина среза 6 мм, FLAIR-изображения в аксиальной плоскости TE/TR=105/7500 мс, толщина среза 6 мм Isotropic FFE3D TE/TR=5/12 мс, толщина среза 1,3 мм до введения контрастного вещества и с контрастированием (гадолиамид).

Во всех наблюдениях удаленные опухоли были переданы на патогистологическое исследование (гистологический и иммуногистохимический анализ). Гистологическое исследование проводилось после окраски гематоксилином и эозином. Иммуногистохимическое исследование проводили на автоматическом иммунопейнере Ventana BenchMark Ultra с использованием антител к Vimentin (V9); pan-Keratin (AE1/AE3/РСК26); S100 (4C4.9); GFAP (6F2); MUC1/EMA (SPM492); Ki-67 (30-9);

CD31(JC70); CD34(QBEnd/10); Progesteron Receptor (1E2); Factor XIIIa (AC-1A1). В менингиомах определялась мембранно-цитоплазматическая экспрессия Vimentin, pan-Keratin и EMA, ядерная экспрессия PR, S100 (вариабильно, чаще отсутствовала). GFAP — экспрессировалась в прилежащей ткани мозга и отсутствовала в клетках опухоли. CD31, CD34 — экспрессировались в эндотелии сосудов, отсутствуют в клетках опухоли. Индекс пролиферативной активности Ki-67 менее 2% опухолевых клеток. Для гемангиоперицитом определяется мембранно-цитоплазматическая экспрессия Vimentin, Factor XIIIa, CD34. Отсутствовала иммунореакция с антителами к CD31, S100, GFAP, EMA, PR. Фибросаркома была диагнозом исключения и определялась мембранно-цитоплазматическая экспрессия Vimentin.

В исследуемых группах у 31 пациента были доброкачественные менингиомы (Grade I): 13 пациентов с менинготелиоматозным субтипом, 10 с фибропластическим и 8 — с переходным субтипом. У одного пациента отмечен переходный тип менингиомы (атипическая менингиома, GRADE II). Шесть пациентов имели злокачественный тип менингиом (GRADE III), у 6 других больных диагностировали гемангиоперицитомы и у 3 — первичные интракраниальные саркомы.

Результаты, полученные при обработке данных МРТ с помощью разработанного программного обеспечения, сравнивали с гистологическими заключениями для определения закономерностей и корреляций. Пиковые значения, сгенерированные в программе, записывали в протокол исследования. Пациенты были разделены на группы в соответствии с их гистологическим диагнозом и томографом, на котором проводили исследование (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

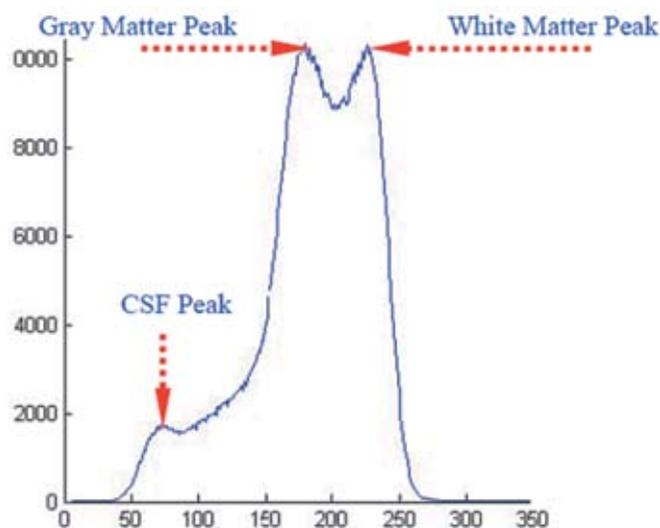
Гистологический диагноз и пик гистограмм на разных томографах / Histological diagnosis and histogram peak on various tomographs

| | Гистологический диагноз | Количество | Интервал пиков гистограмм |
|--|---|------------|---------------------------|
| 3DT1 SPGR S, GE Signa 1.5 T (GE Healthcare, Little Chalfont, USA) | | | |
| 1 | Менинготелиоматозная менингиома | 13 | 14-16 (21*) |
| 2 | Фибропластическая менингиома | 10 | 18-23 (15*) |
| 3 | Смешанная менингиома | 8 | 16-21 |
| 4 | Атипическая, анапластическая менингиома | 4 | 11-13 |
| 5 | Гемангиоперицитомы | 6 | 24--27 |
| 6 | Фибросаркома | 3 | 10-12 |
| Toshiba Excelart Vantage. 1.5 T, Toshiba Atlas — XGV, 1.5 T | | | |
| 1 | Менинготелиоматозная менингиома | 5 | 16-18 |
| 2 | Фибропластическая менингиома | 4 | 19-22 |
| 3 | Атипическая, анапластическая менингиома | 3 | 12-15,5 |

*Значение диагностических неудач. В ходе исследования было выявлено 2 диагностические неудачи в определении гистологического типа опухоли, значения которых представлены в табл. 1.

Основы математического алгоритма для предоперационного определения гистологического типа и субтипа опухоли оболочек головного мозга

Р. Jenu и соавт. одними из первых предложили использовать гистограммы, построенные из МР-изображений головного мозга, с целью автоматической сегментации тканей головного мозга [12]. Авторы строили гистограмму абсолютных значений интенсивности вокселей (рис.1) и выделяли 3 пика и промежутка, свойственные для цереброспинальной жидкости, серого и белого вещества головного мозга.



Примечание: По оси X — цвет вокселя, по оси Y — количество вокселей. Первый пик и промежуток наиболее темных вокселей, соответствует цереброспинальной жидкости, второй — серому веществу головного мозга, третий — белому веществу мозга [изображение из статьи [12].

Рис. 1. Гистограмма, построенная на основе анализа абсолютного цвета (интенсивности) ткани мозга T1-взвешенных МР-изображений.
Fig. 1. Histogram based on analysis of absolute color (intensity) of brain tissue of T1 MRI scans.

Мы рассчитывали гистограмму в объеме опухоли с последующим сравнением с гистологическим диагнозом, то есть суммированную от всех экспортируемых изображений T1-взвешенных снимков с контрастированием. Перед графическим построением гистограммы высчитывали относительную интенсивность МР-сигнала каждого вокселя в области интереса (опухоли). Нормализацию интенсивности сигнала в области интереса проводили на белое вещество головного мозга с учетом коэффициента смещения гистограммы относительно среднего цвета фона (интактное белое вещество головного мозга), базы данных МРТ-снимков пациентов с опухолями мозговых оболочек головного мозга.

Формула расчета показателя интенсивности для каждого пикселя в области интереса, на ос-

новании которых происходит построение гистограммы

$$K = a - a_0; X = 10(X_0 - K) / a; Y = 1000Y_0/Z,$$

где

Y — нормированное количество одинаковых значений X_0 на всех срезах;

X — относительный цвет пикселя (по аддитивной цветовой модели RGB) в области 2;

Y_0 — число одинаковых значений X_0 на всех срезах;

X_0 — абсолютный цвет пикселя (по аддитивной цветовой модели RGB) в области 2;

X — относительный цвет пикселя (по аддитивной цветовой модели RGB) в области 2;

a_0 — средний цвет (по аддитивной цветовой модели RGB) белого вещества головного мозга из базы данных;

a — средний цвет (по аддитивной цветовой модели RGB) в области 1;

K — коэффициент смещения гистограммы относительно среднего цвета фона базы данных МРТ-снимков пациентов с опухолями мозговых оболочек головного мозга;

Z — сумма пикселей по всем срезам в области 2.

В описании формулы используются условные обозначения областей: 1-я область соответствует фону, область нормальной (интактной) ткани белого вещества головного мозга на МР-изображении; 2 область — область интереса, область опухоли на МР-изображении;

Для расчета коэффициента K сформирована база данных МРТ-снимков пациентов с опухолями мозговых оболочек головного мозга из 48 пациентов, у которых были проанализированы участки белого вещества головного мозга — «фон». Рассчитан средний цвет в каждом фоне и в целом в базе (a_0). Средний цвет в базе (a_0) являлся цветом, который брался за основу для расчета коэффициента K (патент на изобретение № 2589652, 10).

Вычитая из каждого цвета пикселя (X_0) зоны интереса K , мы не меняли структуры распределения цветов, а лишь смещали гистограмму в одну из сторон, делая изображение ярче, либо темнее. При этом каждый пиксель фона новой измененной зоны интереса мы делили на средний цвет фона исходного анализируемого изображения (a). Данное действие было необходимо для увеличения чувствительности метода, что позволяло учесть вариации яркости изображений МР-снимков (рис. 2).

При нормализации на наиболее часто встречаемый цвет в белом веществе головного мозга на рис. 2, без учета коэффициента K , мы не получили адекватного результата о гистологическом типе опухоли.

Построив график функции (f) $X = Y$, мы определяли положение пика графика значений по оси X и сравнивали его с гистологическим типом опухоли мозговых оболочек, указанных в базе, выявляя корреляционную зависимость между гистологическим типом опухолей мозговых оболочек и пиком гистограммы.

Математический алгоритм был автоматизирован в модуль программного комплекса «НейроСегмент» (рис. 3) (свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ №2015660634).

Статистическая обработка данных

Эмпирические данные, полученные при формировании исследуемых групп, обрабатывали с помощью дескриптивной статистики, а также количественно описывали по средствам основных статистических показателей меры среднего уровня и меры рассеяния. Для выбора статистического метода сравнения средних значений или дисперсий, сравниваемые вариационные ряды проверялись на однородную вариативность значений с помощью критерия Левеня [13]. На основании этого выбирали параметрические или непараметрические методы статистики. С целью

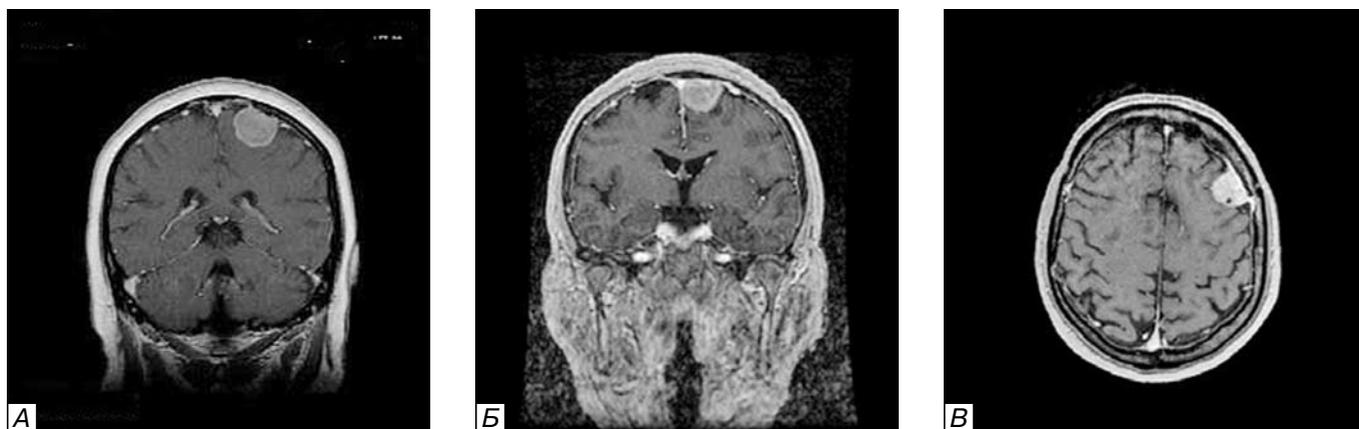


Рис. 2. Варианты яркостей МР-снимков (импульсная последовательность взвешенные изображения после контрастного усиления) от темного снимка (А) к светлому (В).

Fig. 2. Variants of MRI images intensity (impulse sequence and weighted images after contrast enhancement) from dark image (A) to the light one (B).

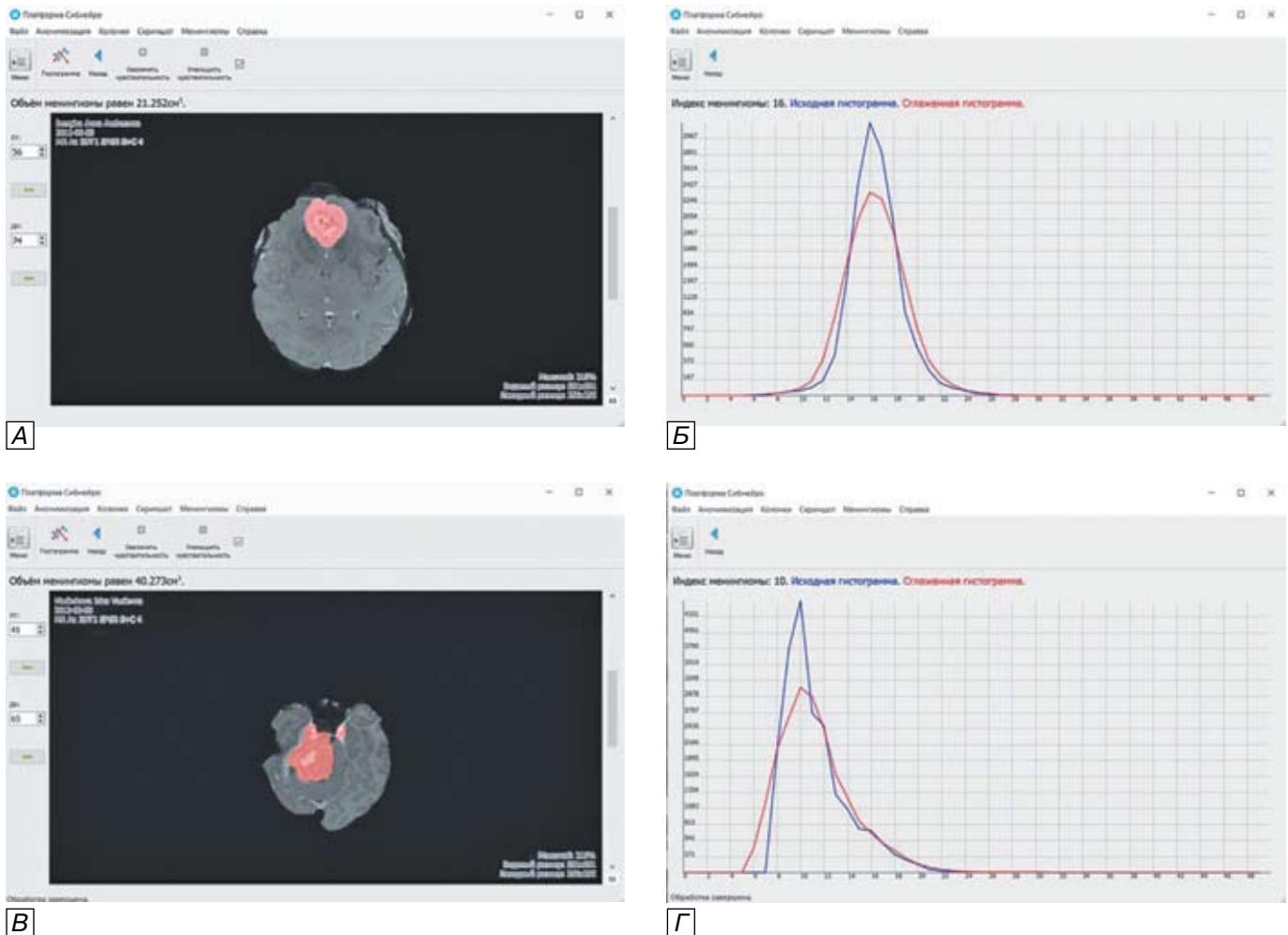


Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения с демонстрацией работы алгоритмов. А, Б — Менингиома смешанного типа, обработанная в программном обеспечении «НейроСегмент», автоматически сегментирована на всех слоях с последующим построением пика гистограммы (16). В, Г — анапластическая менингиома, пик гистограммы на уровне 10.
 Fig. 3. Interface of software with demonstration of working algorithms. А, Б — Mixed meningioma processed in «NeuroSegment» software, is automatically segmented in all layers with the following building of histogram peak (16). В, Г — anaplastic meningioma, histogram peak at level 10.

выявления межгрупповых различий пика гистограмм использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA тест) с тестами Tukey и Games-Howell. Статистически значимыми считали значения при $p < 0,05$.

Результаты

Программное обеспечение работает с высокой степенью согласованности между специалистами и повторяемостью результатов, что было описано в нашей предыдущей статье [14].

Тест Левеня доказал однородность дисперсий в созданных группах, распределенных по гистологическому типу и субтипу опухолей (статистика Левеня $W = 0,501$, $p > 0,05$). Односторонний ANOVA-тест выявил отличия между сформированными гистологическими группами ($F = 58,5$, $p < 0,01$), а исследование с использованием апостериорных тестов Tukey и Games-Howell проде-

монстрировало наличие статистически значимых отличий между ними. Однако злокачественные менингиомы имели схожий уровень пика гистограммы с фибросаркоммами (Tukey I-J = 0,1, $p = 1$).

Чувствительность алгоритма для определения фибропластического, менинготелиоматозного субтипа менингиом, анапластических и атипических менингиом, включая первичные интракраниальные фибросаркоммы и гемангиоперицитомы, составила 94,2% для пациентов, прошедших исследование на томографе GE Signa 1,5 T, и 91% для пациентов, прошедших исследование на томографах Toshiba. Пик гистограммы для переходного субтипа менингиом смешался в сторону менинготелиоматозного субтипа или фибропластического в зависимости от преобладающего компонента. 100% чувствительность и специфичность в дифференциации гемангиоперицитом и менингиом и 100% чувствительность в дифференциации злокачественных от доброкачественных опухолей оболочек головного мозга.

При сравнении интервалов значений между томографами разных фирм чувствительность и специфичность работы алгоритма сохранялась прежней. Однако обнаружено отличие в смещении интервалов пиков гистограмм (см. табл. 1).

В двух наблюдениях установлено неправильное определение гистологического типа опухоли программой.

Для данных наблюдений был произведен повторный пересмотр гистологии двумя патологами с достижением консенсуса по диагнозу.

В первом наблюдении программа показывала смешанный характер менингиомы, тогда как патогистологическое заключение подтверждало фибропластический субтип опухоли.

Наблюдение № 1. Пациентка Б. 1969 г. р.

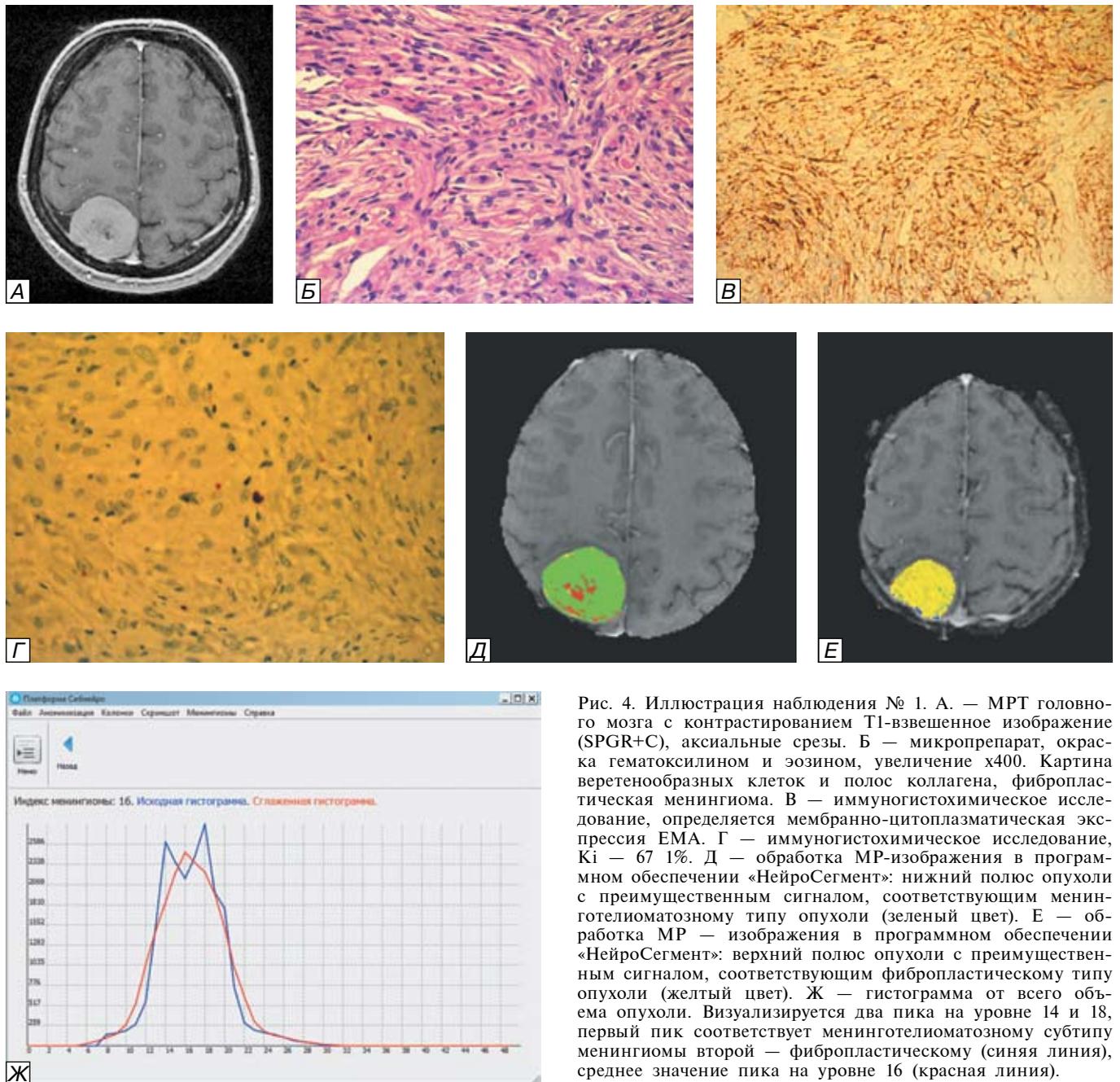


Рис. 4. Иллюстрация наблюдения № 1. А — МРТ головного мозга с контрастированием T1-взвешенное изображение (SPGR+C), аксиальные срезы. Б — микропрепарат, окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400. Картина веретенообразных клеток и полос коллагена, фибропластическая менингиома. В — иммуногистохимическое исследование, определяется мембранно-цитоплазматическая экспрессия EMA. Г — иммуногистохимическое исследование, Ki — 67 1%. Д — обработка МР-изображения в программном обеспечении «НейроСегмент»: нижний полюс опухоли с преимущественным сигналом, соответствующим менинготелиоматозному типу опухоли (зеленый цвет). Е — обработка МР-изображения в программном обеспечении «НейроСегмент»: верхний полюс опухоли с преимущественным сигналом, соответствующим фибропластическому типу опухоли (желтый цвет). Ж — гистограмма от всего объема опухоли. Визуализируется два пика на уровне 14 и 18, первый пик соответствует менинготелиоматозному субтипу менингиомы второй — фибропластическому (синяя линия), среднее значение пика на уровне 16 (красная линия).

enhancement, T1 (SPGR+C), axial scans. Б — microslide, hematoxylin and eosin stain, zoom x 400, spindle-shaped cells and fibers of collagena, fibroplastic meningioma. В — immunohistochemical examination, the membrane-cytoplasmic expression of EMA is detected. Г — immunohistochemical examination, Ki — 67 1%. Д — procession of MRI-image in «NeuroSegment» software: inferior pole of tumor with predominantly signal corresponding to meningotheliomatous subtype of tumor (green color). Е — procession of MRI-image in «NeuroSegment» software: superior pole of tumor with predominantly signal corresponding to fibroplastic subtype of tumor (yellow color). Ж — histogram from all volume of tumor. Two peaks at level 14 and 18 are visualized, first peak is corresponding to meningotheliomatous subtype of tumor, the second one — fibroplastic (blue line), the mean value of peak at the level 16 (red line).

Детальный анализ МР-сигнала, обработанного в программном обеспечении, демонстрирует смешанную структуру опухоли. Согласно протоколу операции, при удалении опухоли проводили первоначальную внутриопухолевую декомпрессию ультразвуковым деструктором с последующим тотальным удалением менингиомы (Simpson 1). В связи с этим на гистологическое исследование была отправлена только часть новообразования. Это, по нашему мнению, объясняет несоответствие результатов работы программы и гистологического заключения.

Наблюдение № 2. Пациентка К. 1965 г.р. При пересмотре базы данных и гистологических препаратов было выяснено, что у больной не менинготелиоматозная, а псаммотозная менингиома. В нашей серии наблюдений пациентов с указанным типом опухоли не было, в связи с чем данная пациентка была исключена из исследования.

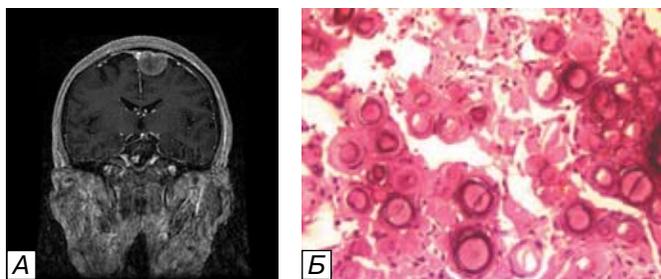


Рис. 5. Иллюстрация наблюдения № 2. А — МРТ головного мозга с контрастированием T1 — взвешенное изображение (SPGR+C), фронтальные срезы. Б — микропрепарат, окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 400$. Картина псаммотозного субтипа менингиомы, визуализируются многочисленные псамомы. В — гистограмма от всего объема опухоли. Визуализируется пик на уровне 18, что соответствует фибропластической или смешанной менингиоме.

Fig. 5. Clinical case № 2. A — Brain MRI with contrast enhancement, T1 (SPGR+C), frontal scans. B — microslide, hematoxylin and eosin stain, zoom $\times 400$ — image of psammomatous variant of meningioma with multiple psammoms. B — histogram from all volume of tumor. The peak at level 18 corresponding to fibroplastic or mixed meningioma is detected.

Обсуждение

В настоящее время различные МР-модальности широко используются для предсказания плотности опухолей мозговых оболочек [7; 9; 15; 16]. Гиперинтенсивный сигнал на T2-взвешенных изображениях чаще всего имеют более мягкие менингиомы с большим количеством сосудов, а гипоинтенсивный сигнал — чаще фибропластические или переходные субтипы менингиом [7]. Различные гистологические субтипы менингиом имеют различную архитектуру ткани и движение молекул воды. Эти характеристики могут быть обнаружены с помощью более сложных последовательностей МРТ, например, диффузионно-взвешенных изображений (DWI), диффузионной тензорной томографии (DTI) с вычислением коэффициента диффузии и построением ADC карт, фракционной анизотропии (FA). Изоинтенсивный сигнал на ADC-картах и гиперинтенсивный сигнал на FA-картах, показатель $FA > 0,3$ ($p = 0,00001$), ассоциируются с менингиомами твердой консистенции [9]. Атипические и фибропластические менингиомы имеют показатель FA значительно выше по сравнению с другими гистологическими подтипами, но это не позволяет дифференцировать фибропластические менингиомы от других [17]. С.Н. Тох и соавт. в своем исследовании в 24 наблюдениях (12 доброкачественных и 12 злокачественных менингиом) качественно проанализировали ADC-карты. Изоинтенсивный или гипоинтенсивный сигнал встречается чаще в атипических и анапластических менингиомах (в 83,4% наблюдений против 25%). DTI демонстрирует, что микроскопическое движение воды в доброкачественных менингиомах организованный, чем в злокачественных [18]. Аналогичные данные получены и в исследованиях С.Г. Filippi и соавт., В. Nakumetz и соавт. [19; 20]. Однако в исследовании Ф. Yamasaki и соавт., статистически значимые различия в ADC-картах между гистологическими типами менингиом не получены [21].

Еще одним современным методом диагностики плотности менингиом является магнитно-резонансная эластография (МРЭ) — неинвазивная методика, количественно измеряющая механические свойства мягких тканей путем введения поперечных волн и отображения их распространения с помощью МР-изображения [21, 22]. Поперечная волна генерируется электромеханическим преобразователем, находящимся на поверхности кожи. Чувствительность данной методики составляет 60–87%, а специфичность — 33–100% для разного субтипа менингиом. Методика малоэффективна для опухолей с большим содержанием сосудов и размерами менее $3,5 \text{ см}^3$ [23, 24].

Часто стандартные МР-характеристики доброкачественных менингиом схожи с гемангиоперицитомами, а первичные интракраниальные фибросаркомы имитируют атипические и анапластические менингиомы [25–28]. В существующей литературе недостаточно описаны критерии отличий менингиом от гемангиоперицитом и интракраниальных сарком.

В нашей предыдущей статье [14] мы продемонстрировали высокую согласованность между специалистами при работе с разработанной нами программой, высокую чувствительность и специфичность в верификации гистологического типа и субтипа опухолей мозговых оболочек. Однако была недостаточно определена возможность использования алгоритма для МР — изображений разных производителей томографов, что и было исследовано в данной статье.

Выводы

Разработанный алгоритм с высокой чувствительностью и специфичностью верифицирует гистологический тип и субтип опухолей мозговых оболочек при анализе магнитно-резонансных томограмм. Однако смещение интервалов пиков гистограмм при обработке МР-изображений томографов разных производителей предопределяет проведение дальнейших исследований.

Исследование проведено при финансовой поддержке Фонда «Сколково».

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кривошапкин Алексей Леонидович — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, зав. каф. нейрохирургии ГБОУ ВПО НГМУ Минздрава России г. Новосибирск, зав. отделением нейрохирургии «Европейский Медицинский Центр», Москва; e-mail: alkr01@yandex.ru

Сергеев Глеб Сергеевич — врач-нейрохирург «Европейский Медицинский Центр», Москва, 129090, ул. Щепкина 35. e-mail: dr.gssergeev@gmail.com

Курбатов Владислав Петрович — к. м. н., зав. отделением лучевой диагностики КДЦ МЕДСИ на Красной Пресне. 123242, Россия, Москва, Красная Пресня, 16; e-mail: vk73@mail.ru

Гайтан Алексей Сергеевич — к.м.н., врач-нейрохирург «Европейский Медицинский Центр», Москва, ассистент кафедры нейрохирургии ГБОУ ВПО НГМУ Минздрава России г. Новосибирск, e-mail: lanceter@mail.com

Кальнеус Леонид Евгеньевич — технический директор ООО «Сибнейро», г. Новосибирск. e-mail: l.kalneus@sibneuro.ru

Янченко Арсений Александрович — аспирант, мл. науч. сотр., Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 15. e-mail: arseny@sibneuro.ru.

Волков Александр Михайлович — доктор мед. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экспериментальной хирургии и морфологии Центра новых технологий «ФГБУ ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России г. Новосибирск. 630055, ул. Речкуновская, 15. e-mail: a_volkov@meshalkin.ru

Мишинов Сергей Валерьевич — врач-нейрохирург, научный сотрудник. Федеральное

Государственное Бюджетное Учреждение «Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им Я.Л. Цивьяна» Министерства Здравоохранения Российской Федерации

630091 г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 17; e-mail: smishinov@yandex.ru

Пятов Сергей Михайлович — врач-нейрохирург, отделения нейрохирургии, Негосударственное учреждение здравоохранения «Дорожная клиническая больница на станции Новосибирск — Главный Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» Россия, Новосибирск

Адрес 630003, улица Владимировский спуск, 2а; e-mail: ps140028@yandex.ru

Дуйшобаев Абдыракман Романкулович — врач-нейрохирург, заведующий нейрохирургического отделения Медицинского центра «Кардио Азия Плюс», Кыргызская Республика, г. Ош, ул Шакирова, 17; e-mail: cardio_Asia_plus@mail.ru

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Louis D.N., Ohgaki H., Wiestler O.D., et al. The 2007 WHO classification of tumours of the central nervous system. Acta Neuropathol. 2007 Aug; Vol. 114, № 2 : P. 97-109.
- Ostrom Q.T., Gittleman H., Fulop J., et al. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2008-2012. Neuro Oncol. 2015 Oct; 17 Suppl 4:iv1-iv62.
- Herscovici Z., Rappaport Z., Sulkes J., et al. Natural history of conservatively treated meningiomas. Neurology. 2004 Sep. 28; Vol. 63, № 6. P 1133-1134.
- Niuro M., Yatsushiro K., Nakamura K., et al. Natural history of elderly patients with asymptomatic meningiomas. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2000 Jan; Vol. 68, № 1: 25-8.
- Olivero W.C., Lister J.R., Elwood P.W. The natural history and growth rate of asymptomatic meningiomas: a review of 60 patients. J Neurosurg. 1995 Aug; Vol. 83, № 2. P. 222-224.
- Yano S., Kuratsu J. Indications for surgery in patients with asymptomatic meningiomas based on an extensive experience. J Neurosurg. 2006 Oct; Vol. 105, № 4. P. 538-543.
- Hoover J.M., Morris J.M., Meyer F.B. Use of preoperative magnetic resonance imaging T1 and T2 sequences to determine intraoperative meningioma consistency. Surg Neurol Int. 2011; № 2. P. 142.
- Diluna M.L., Bulsara K.R. Surgery for petroclival meningiomas: a comprehensive review of outcomes in the skull base surgery era. Skull Base. 2010 Sep; Vol. 20, № 5. P. 337-342.
- Romani R., Tang W.J., Mao Y., et al. Diffusion tensor magnetic resonance imaging for predicting the consistency of intracranial meningiomas. Acta Neurochir (Wien). 2014 Oct; Vol. 156, № 10. P. 1837-1845.
- Little K.M., Friedman A.H., Sampson J.H., et al. Surgical management of petroclival meningiomas: defining resection goals based on risk of neurological morbidity and tumor recurrence rates in 137 patients. Neurosurgery. 2005 Mar; Vol. 56, № 3). P. 546-559.
- Тиглиев Г. С. Внутрочерепные менингиомы / Г. С. Тиглиев, В. Е. Олюшин, А. Н. Кондратьев. — Санкт-Петербург : изд-во РНХИ им. проф. А. Л. Поленова, 2001. — 560 с. : ил. С. 187—193.
- MR Brain volume Analysis Using BrainAssist, International Conference on Systematic, Cybernetics and Informatics / R. Jeny [et al.]. — ICSCI, Hyderabad (India), 2008. — 4 p.
- Levene, Howard (1960). "Robust tests for equality of variances". In Ingram Olkin; Harold Hotelling; et al. Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. Stanford University Press. P. 278—292.
- Krivoshapkin A.L., Sergeev G.S., Kalneus L.E., et al. New Software for Preoperative Diagnostics of Meningeal Tumor Histologic Types. World Neurosurg. 2016 Jun; 90. P — 123-32.

15. Kashimura H., Inoue T., Ogasawara K., et al. Prediction of meningioma consistency using fractional anisotropy value measured by magnetic resonance imaging. *J Neurosurg.* 2007 Oct; Vol. 107, № 4. P. 784-787.
16. Sitthinamsuwan B., Khampalikit I., Nunta-aree S., et al. Predictors of meningioma consistency: A study in 243 consecutive cases. *Acta Neurochir (Wien).* 2012 Aug; Vol. 154, № 8. P. 1383-1389.
17. Jolapara M., Kesavadas C., Radhakrishnan V.V., et al. Role of diffusion tensor imaging in differentiating subtypes of meningiomas. *J Neuroradiol.* 2010 Dec; Vol. 37, № 5. P. 277-283.
18. Toh C.H., Castillo M., Wong A.M., et al. Differentiation between classic and atypical meningiomas with use of diffusion tensor imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008 Oct; Vol. 29, № 9. P. 1630-1635.
19. Filippi C.G., Edgar M.A., Ulup A.M., et al. of meningiomas on diffusion-weighted images: correlating diffusion constants with histopathologic findings. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2001 Jan; Vol. 22, № 1. P. 65-72.
20. Hakyemez B., Yildirim N., Gokalp G., et al. The contribution of diffusion-weighted MR imaging to distinguishing typical from atypical meningiomas. *Neuroradiology.* 2006 Aug; Vol. 48, № 8. P. 513-520.
21. Yamasaki F., Kurisu K., Satoh K., et al. Apparent diffusion coefficient of human brain tumors at MR imaging. *Radiology.* 2005 Jun; Vol. 235, № 3. P. 985-991.
22. Muthupillai R., Lomas D.J., Rossman P.J., et al. Magnetic resonance elastography by direct visualization of propagating acoustic strain waves. *Science.* 1995 Sep 29; Vol. 269(5232). P. 1854-1857.
23. Hughes J.D., Fattahi N., Van Gompel J. et al. Higher-Resolution Magnetic Resonance Elastography in Meningiomas to Determine Intratumoral Consistency. *Neurosurgery.* 2015 Oct; Vol. 77, № 4. P. 653-658.
24. Murphy M.C., Huston J. 3rd, Glaser K.J., et al. Preoperative assessment of meningioma stiffness using magnetic resonance elastography. *J Neurosurg.* 2013 Mar; Vol. 118, № 3. P. 643-648.
25. Lee J.G., Song S.W., Koh Y.C., et al. Primary intracranial fibrosarcoma presenting with hemorrhage. *Brain Tumor Res Treat.* 2013 Oct; Vol. 1, № 2. P. 91-94.
26. Liu G., Chen Z.Y., Ma L. et al. Intracranial hemangiopericytoma: MR imaging findings and diagnostic usefulness of minimum ADC values. *J Magn Reson Imaging.* 2013 Nov; Vol. 38, № 5. P. 1146-1151.
27. Ma C., Xu F., Xiao Y.D., et al. Magnetic resonance imaging of intracranial hemangiopericytoma and correlation with pathological findings. *Oncol Lett.* 2014 Nov; Vol. 8, № 5. P. 2140-2144.
28. Smith A.B., Horkanyne-Szakaly I., Schroeder J. W. et al. From the radiologic pathology archives: mass lesions of the dura: beyond meningioma-radiologic-pathologic correlation. *Radiographics.* 2014. Vol. 34, № 2. P. 295-312.

НОВЫЕ КНИГИ

УДК 616.831 005 08+616.832 005 08

ББК 54 102

В68

Т.П. ТИССЕН. Диагностика и лечение сосудистых заболеваний спинного мозга. — Обнинск: Издательство «Эрмис», 2017. — 470 с.

Монография посвящена одному из важных и новых разделов нейрохирургии — диагностике и эндоваскулярному лечению сосудистых заболеваний спинного мозга. На основании большого клинического опыта применения различных методов эндоваскулярного лечения и данных мировой литературы сформулированы современные представления о кровоснабжении спинного мозга в норме и при патологии. Рассматриваются вопросы диагностики сосудистых заболеваний спинного мозга до и после эндоваскулярных операций с помощью применения высокотехнологичных методов исследования компьютерной (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Приведены особенности клиники и диагностики артериовенозных мальформаций (АВМ) и спинальных дуральных артериовенозных фистул (СДАВФ) спинного мозга, а также гемангиобластом (ГАБ) с различными формами факоматоза и генетическими сосудистыми заболеваниями. Представлены классификация спинальных АВМ, геморрагические и ишемические расстройства, их диагностика. Подробно рассматриваются варианты гемодинамики сосудистых мальформаций, особое внимание уделено сложным аневризмам с локализацией в системе передней спинальной артерии.

Изложены новые методы суперселективной спинальной ангиографии. Рассмотрено использование микрокатетеров для эндоваскулярных операций, а также применение клеевых композиций, платиновых спиралей и поливинилцеллюлозных эмболов.

В монографии представлен анализ диагностики и эндоваскулярного лечения АВМ, СДАВФ и ГАБ спинного мозга более чем у 1600 пациентов, проходивших лечение в НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко. Монография предназначена для врачей-неврологов, нейрохирургов, реабилитологов, нейрорентгенологов и невроурологов

ISBN 978-5-00028-147-5

