

А.Ф. Панфиленко¹, С.А. Яковлев², А.В. Поздняков³, Л.А. Тютин¹, А.Ю. Щербук³

МРТ С ДИНАМИЧЕСКИМ КОНТРАСТНЫМ УСИЛЕНИЕМ ПРИ ОПУХОЛЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА

¹ Российский научный центр радиологии и хирургических технологий,

² Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии имени В.А. Алмазова,

³ Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов
медицинской помощи (онкологический)

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является ведущим методом лучевой диагностики опухолей головного мозга [7, 10, 15]. Целью данного исследования было изучение показателей динамики накопления и выведения КВ опухолями головного мозга при МРТ с динамическим контрастированием и определение возможностей методики в дифференциальной диагностике различных видов опухолей.

Как правило, полноценная МРТ-диагностика интракраниальных объемных образований включает в себя дополнительное контрастное усиление с применением препаратов на основе гадолиния [6, 8, 18]. В условиях искусственного контрастного усиления более отчетливо дифференцируются границы опухолевого узла на фоне перитуморозного отека, выявляются особенности структуры опухоли (такие как, очаги некроза, солидный и кистозный компоненты) [7, 12, 14].

Методика динамической контрастной МРТ с болюсным введением контрастного вещества (КВ) является одним из наиболее перспективных направлений МРТ-диагностики объемных образований головного мозга [3, 4, 11]. Эта методика позволяет оценить не только факт накопления контрастного вещества (КВ) в опухолевом узле, но и динамику этого процесса во времени с определением количественных показателей контрастирования, что способствует получению дополнительной диагностической информации и может быть использовано при проведении дифференциальной диагностики [1, 2, 5, 13, 16]. Однако, метод динамической контрастной МРТ пока не нашел широкого применения в клинической практике. Это обусловлено, в первую очередь, проблемами технического и методологического характера. Немногочисленные работы, выполненные в этом направлении, не дают исчерпывающей информации по отдельным нозологическим формам опухолей [9, 13, 17]. Диагностические возможности этой методики исследования при различных заболеваниях головного мозга фактически не изучены.

Целью данного исследования было изучение показателей динамики накопления и выведения КВ опухолями головного мозга при МРТ с динамическим контрастированием и определение возможностей методики в дифференциальной диагностике различных видов опухолей.

Материалы и методы

Материалом для данного исследования были результаты МРТ 84 пациентов с различными типами опухолей головного мозга в возрасте от 19 до 75 лет (женщин – 55, мужчин – 29). Были выявлены следующие объемные образования: глиобластомы – 7 (8,3 %), анапластические астроцитомы – 7 (8,3 %), доброкачественные астроцитомы – 2 (2,4 %), менингиомы – 21 (25 %), невриномы – 5 (6 %), макроаденомы гипофиза – 18 (21,4 %), краниофарингиомы – 7 (8,3 %), пинеобластомы – 2 (2,4 %), пинеальные кисты – 2 (2,4 %), метастазы в головной мозг – 13 (15,5 %). Верификация осуществлялась в процессе оперативного вмешательства с последующим гистологическим исследованием.

МРТ выполнялась на аппаратах «Magnetom Vision 1,5T» и «Magnetom Impact 1,0T» (Siemens, Германия). В качестве контрастных веществ применялись препараты: «Магневист» фирмы «Schering» и «Омнискан» фирмы «Nycomed» в дозировке 0,2 мл/кг веса тела пациента.

Комплексное лучевое обследование пациентов с объемными образованиями головного мозга включало сочетание различных методик нейровизуализации, рентгеновская компьютерная томография, МР-ангиография, ПЭТ, однако основным методом во всех случаях являлась МРТ с динамическим контрастным усилением.

Данная методика включала 4 основных этапа: полипроекционная преконтрастная МРТ головного мозга, динамическое сканирование в одной плоскости, получение полипроекционных постконтрастных изображений, построение графиков накопления и выведения контрастного вещества с их количественным анализом.

По сериям преконтрастных изображений выбиралась наиболее информативная плоскость сканирования и позиционировались «срезы» таким образом, чтобы они захватывали выделенную область, проходя непосредственно через новообразование. Количество срезов для динамического исследования составляло от 5 до 9. Болюсное введение КВ производилось после прохождения первой из 20 серий импульсных последовательностей (скорость введения около 2 мл/с). Вслед за КВ внутривенно вводился физиологический раствор в объеме 10,0 мл – для полного опорожнения катетера. Общее время выполнения серий коротких импульсных последовательностей составляло 10 мин. После окончания коротких импульсных последовательностей выполнялось отсроченное сканирование с использованием

стандартных программ получения T1 ВИ. Отстроченные постконтрастные изображения служили для получения детальной анатомической информации о распределении парамагнитного вещества в объемном образовании, а также для поиска дополнительных участков патологического усиления МР-сигнала во всем объеме головного мозга. Изображения, полученные при коротких импульсных последовательностях, служили для построения гистограмм, отражающих динамику накопления и выведения КВ в опухоли. По результатам постпроцессинговой обработки строили графики зависимости «интенсивность сигнала – время» в каждой интересующей точке изображения (в каждом случае использовались 3–4 точки).

В процессе оптимизации методики динамической контрастной МРТ были выделены следующие основные параметры, влияющие на результаты исследования: используемая импульсная последовательность; время сканирования; плоскость сканирования; ROI – область интереса (точка) в структуре образования, по которой строится график интенсивности сигнала – время; калибровка шкалы, отражающей интенсивность МР-сигнала на графике.

Для расчета степени максимального контрастирования применялась следующая формула: $C_{\max} = (IS_{\max} - IS_{\min}) / IS_{\min} \cdot 100 \%$,

где $C_{\max}$ – степень максимального контрастирования в процентах по отношению к исходной интенсивности сигнала (показывает, до какого уровня повысилась интенсивность сигнала);

$IS_{\max}$ – максимальная интенсивность сигнала от опухоли, т. е. пиковое его значение;

$IS_{\min}$ – минимальная интенсивность сигнала, т. е. исходная.

Статистическую обработку материала осуществляли по общепринятой методике на основе статистических программ Statistica 6.0. Уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимался равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Накопленный опыт показал, что для оценки результатов исследования необходимо определять следующие основные показатели: тип кривой накопления и выведения контрастного вещества, время достижения пика контрастирования и степень максимального контрастирования опухоли.

Принципиально можно выделить несколько видов кривых накопления и выведения контрастного вещества, которые, несмотря на достаточно большое разнообразие, подразделяются на 3 основные группы (рис. 1).

Отнесение кривой контрастирования опухоли к тому или иному типу, как показало дальнейшее исследование, имеет большое значение при проведении дифференциальной диагностики различных объемных образований.

При оценке динамики накопления и выведения контрастного вещества выявились следующие закономерности: злокачественные опухоли (глиобластомы, анапластические астроцитомы и метастазы) вследствие выраженного повреждения гематоэнцефалического барьера характеризовались быстрым повышением интенсивности сигнала, средним временем достижения пика контрастирования 1–2 мин с последующей тенденцией к выведению КВ уже после 3–5 мин (без наличия фазы плато), т. е. III типом кривой (рис. 2). В этом случае были характерны и высокие показатели максимальной интенсивности сигнала (до 130 % от исходной).

При менингиомах наблюдалось очень быстрое накопление контрастного вещества; на графике «интенсивность сигнала – время», как правило, определялся II тип кривой с длительным сохранением повышенной интенсивности МР-сигнала. Продолжительность фазы плато колебалась от 5 до 9 мин, пик контрастирования в большинстве случаев фиксировался в пределах 1–2 мин (рис. 3). Кроме того, для менингиом было характерно интенсивное накопление КВ с высокими показателями относительной контрастности и $C_{\max}$. Вместе с тем, в группе менингиом отмечалась некоторая вариабельность характера контрастирования, объясняющаяся неоднородностью данной группы опухолей по степени злокачественности.

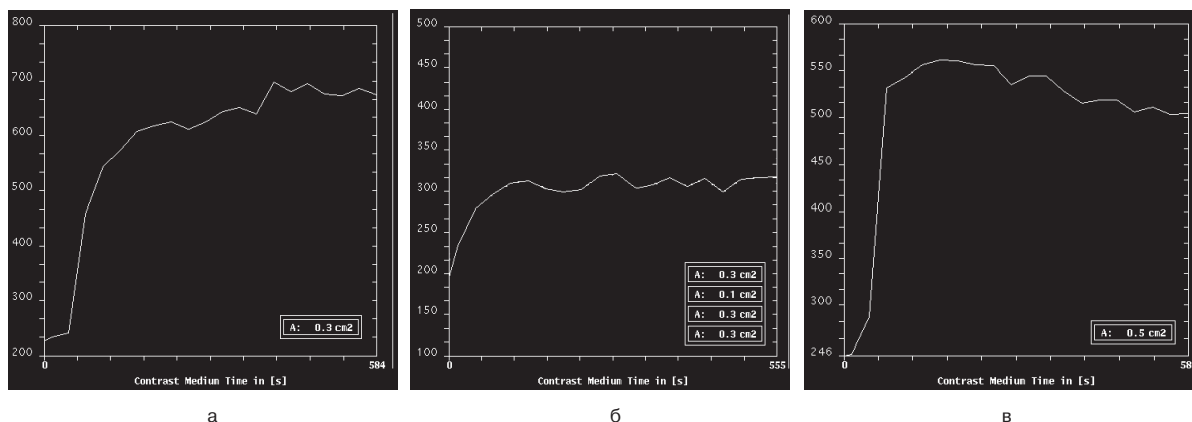


Рис. 1. Основные типы кривых накопления и выведения контрастного вещества. а – I тип – постепенное линейное нарастание интенсивности сигнала на протяжении более 3 мин.; б – II тип – линейное нарастание интенсивности сигнала в течение первых 1–2 мин с последующей продолжительной фазой плато; в – III тип – интенсивность сигнала после достижения пика на 2–3-й мин начинает снижаться, отражая процесс быстрого вымывания контрастного вещества. Ось абсцисс на графике – время с момента введения контрастного вещества в секундах, ось ординат – интенсивность сигнала в условных единицах.

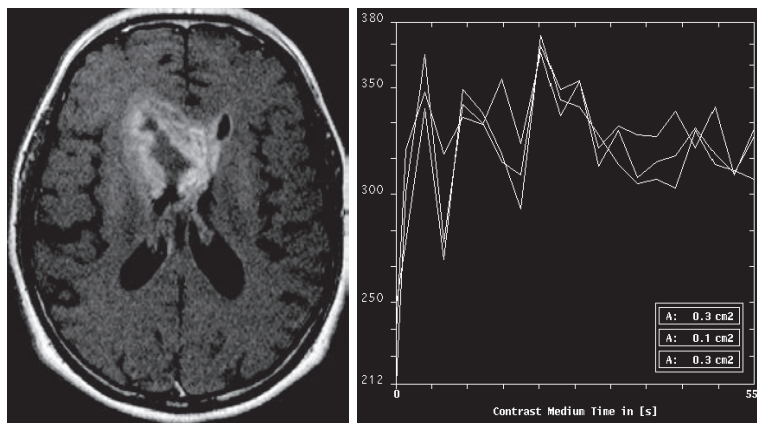


Рис. 2. Результаты динамической контрастной МРТ у больного с анапластической астроцитомой мозолистого тела: а – постконтрастное T1 взвешенное изображение (T1 ВИ) в аксиальной проекции; б – кривая накопления и выведения контрастного вещества в опухоли (III тип кривой).

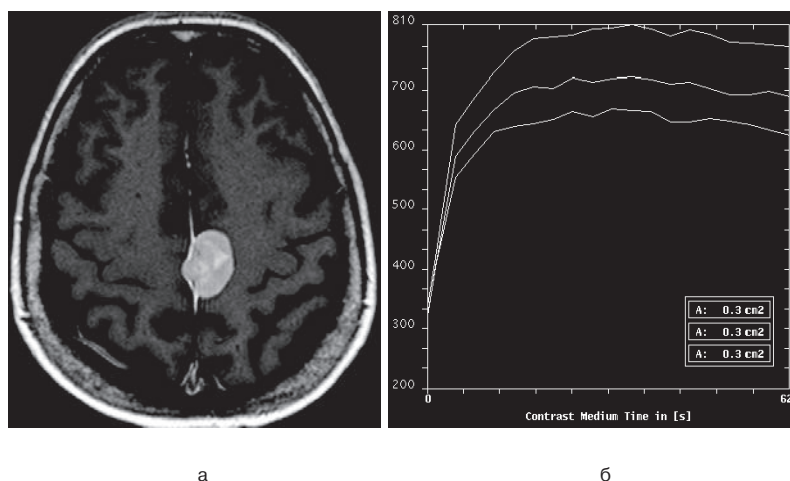


Рис. 3. Результаты динамической контрастной МРТ у больной с типичской фалькс-менингиомой: а – постконтрастное T1 взвешенное изображение (T1 ВИ) в аксиальной проекции; б – кривая накопления и выведения контрастного вещества (II тип кривой).

Невриномы, в отличие от менингиом, характеризовались практически полным отсутствием фазы плато, наличием постепенного подъема кривой контрастирования по I типу.

Для доброкачественных астроцитом характерным оказалось горизонтальное расположение кривой контрастирования, вследствие чего время достижения пика практически не фиксировалось, а саму кривую нельзя отнести ни к одному из трех основных типов накопления и выведения контрастного вещества (рис. 4). Степень максимального контрастирования в этих случаях не превышала 15–20 %.

При макроаденомах гипофиза в большинстве случаев кривая накопления и выведения контрастного вещества относилась к III типу, с быстрым достижением пика (в течение 1–2 мин) и последующей фазой выведения контрастного вещества ($p < 0,05$) (рис. 5). В наиболее крупных гигантских аденомах гипофиза на фоне выраженной гетерогенности структуры отмечалось

соответствующее различие кривых накопления и выведения контрастного вещества. Однако наиболее частым типом кривой и в этих случаях был III тип. Степень максимального контрастирования при макроаденомах гипофиза достигала 90 %.

При краниофарингиомах наблюдался совершенно иной, чем при макроаденомах гипофиза, характер контрастирования. Кривая накопления и выведения контрастного вещества, полученная от солидного компонента либо от стенок краниофарингиом, во всех случаях относилась к I типу, т.е. характеризовалась постепенным повышением интенсивности сигнала с достижением пика только во второй половине или к концу сканирования (рис. 6). В большинстве случаев пик контрастирования краниофарингиом фиксировался на 6–7-й мин. В части случаев пик достигался только к 10-й мин, в самом конце динамического сканирования. При этом фаза плато не была выражена. Значения максимального

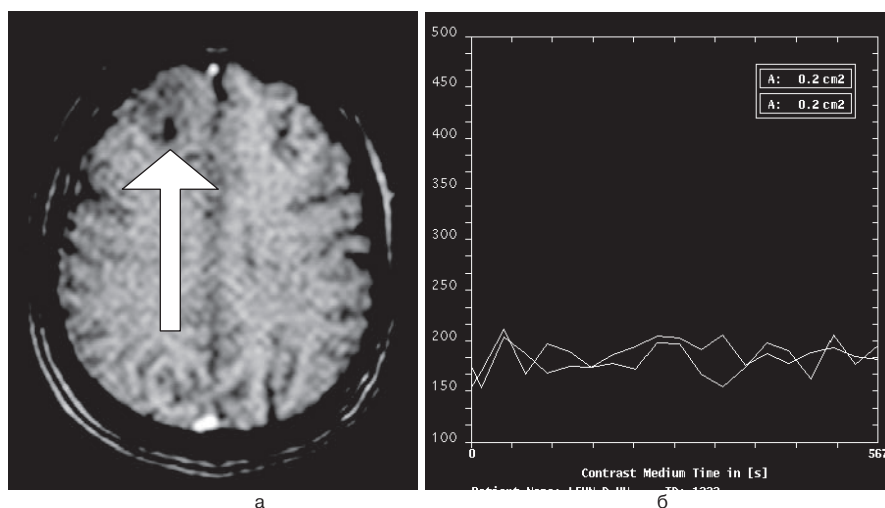


Рис. 4. Результаты динамической контрастной МРТ у больной с доброкачественной астроцитомой правой лобной доли: а – постконтрастное T1 взвешенное изображение (T1 ВИ) в аксиальной проекции; б – кривая, демонстрирующая отсутствие контрастного усиления в доброкачественной астроцитоме.

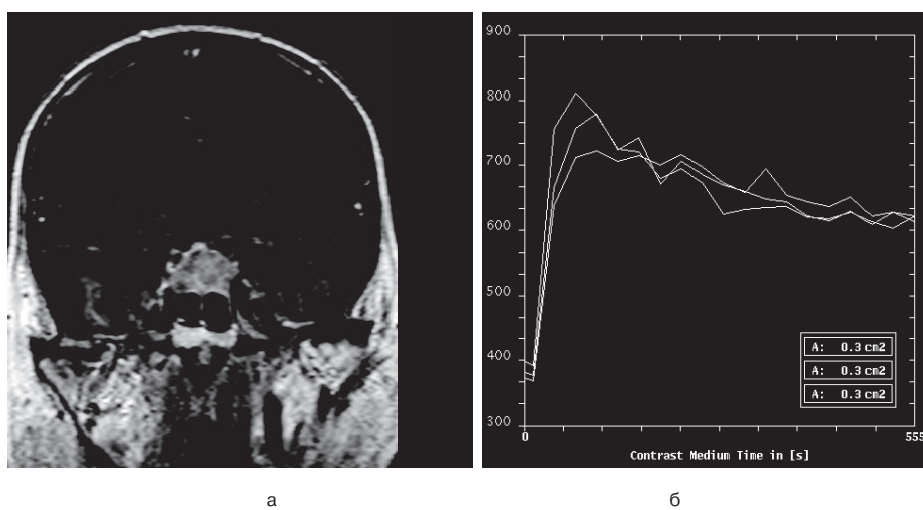


Рис. 5. Результаты динамической контрастной МРТ у больного с макроаденомой гипофиза: а – постконтрастное T1 ВИ во фронтальной проекции, б – кривая накопления и выведения контрастного вещества (III тип кривой).

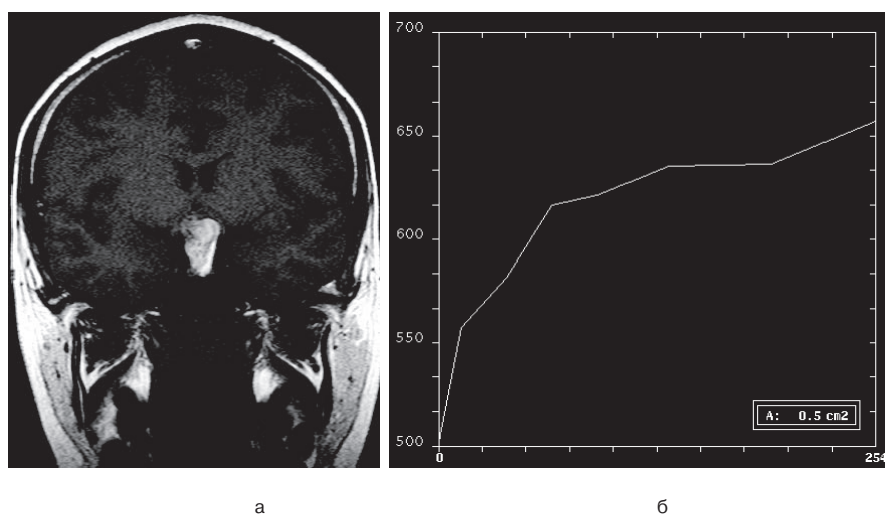


Рис. 6. Результаты динамической контрастной МРТ у больной с краниофарингиомой: а – постконтрастное T1 ВИ во фронтальной проекции; б – кривая накопления и выведения контрастного вещества (I тип кривой).

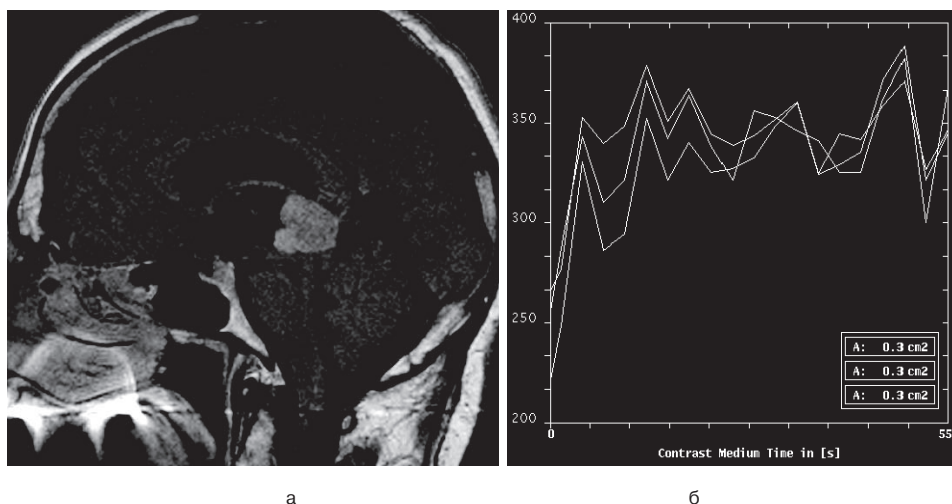


Рис. 7. Результаты динамической контрастной МРТ у больного с пинеобластомой: а – постконтрастное T1 ВИ в сагиттальной проекции; б – кривая накопления и выведения контрастного вещества (III тип кривой)

контрастирования, полученные при краниофарингиомах, были ниже, чем при макроаденомах гипофиза, и составляли 65 %. При кистозных краниофарингиомах обычно наблюдался периферический тип накопления контрастного вещества. Однако, показатели динамической контрастной МРТ при кистозных и солидных краниофарингиомах принципиально не различались. При кистозных пинеоцитомах наблюдалось лишь небольшое повышение интенсивности сигнала от стенок опухоли.

Характерным типом кривой накопления и выведения контрастного вещества при пинеоцитомах был I тип – с постепенным повышением интенсивности МР-сигнала. Пик контрастирования достигался к 8-й мин, а степень максимального контрастирования в среднем составила 85 %. При этом интенсивность сигнала от внутренней структуры новообразования не повышалась.

Характер кривых накопления и выведения контрастного вещества, обнаруживаемых при пинеобластомах, приближался к III типу. Пик контрастирования при этом, как правило, достигался достаточно быстро – на 2-й мин, а затем интенсивность МР-сигнала постепенно вол-

нообразно снижалась (рис. 7). Степень максимального контрастирования при пинеобластомах в среднем оказалась равной 60 %.

Полученные данные свидетельствуют о том, что различия динамики накопления и выведения КВ при объемных образованиях головного мозга определяются, главным образом, степенью васкуляризации и нарушения гематоэнцефалического барьера. Степень злокачественности опухолей коррелирует со скоростью захвата контрастного вещества опухолевыми клетками (табл. 1).

В проведенном исследовании для наиболее злокачественных опухолей был характерен III тип кривой накопления и выведения контрастного вещества. Анализ полученных результатов также показал, что аналогичный тип кривой выявлялся при макроаденомах гипофиза, что, по-видимому, обусловлено особенностями кровоснабжения, в частности, отсутствием в гипофизе ГЭБ и богатой собственной капиллярной сетью с превалированием артериального кровотока. Для других доброкачественных объемных образований характерным был I тип кривой накопления и выведения контрастного вещества. Отли-

Таблица 1.

Характеристики динамического контрастирования различных видов опухолей головного мозга

Вид опухоли	Наличие контрастного усиления	Время достижения пика контрастирования	Характерный тип контрастирования
Злокачественные астроцитомы и глиобластомы	+	187±39	III
Доброкачественные астроцитомы	±	-	-
Атипичные менингиомы	+	57±2	III
Типичные менингиомы	+	106±31	II
Пинеобластомы	+	140±10	III
Пинеоцитомы	+	541±12	I

чительной особенностью менингеальных опухолей является преимущественно II тип кривой с длительным сохранением плато.

Заключение

Данные МРТ с динамическим контрастным усилением свидетельствуют о том, что эта методика обладает высокой эффективностью в диагностике и дифференциальной диагностике объемных образований головного мозга. Анализ динамики накопления и выведения контрастного вещества опухолями головного мозга при динамической контрастной МРТ позволяет во многих случаях дополнить или уточнить данные классической МРТ и может дать предположительную оценку гистологической структуры новообразования, расширяя возможности дифференциальной диагностики опухолей головного мозга на этапе планирования хирургического или комбинированного лечения.

ЛИТЕРАТУРА

- Болюсное введение контрастного вещества при МР-томографии опухолей головного мозга – возможности и ограничения / И.Н. Пронин, В.Н. Корниенко, А.В. Петрайкин, П.В. Родионов // Магнитно-резонансная томография в медицинской практике : мат. науч.-практ. конф.—М.—1995.—С. 97.
- Величко О.Б. Оценка кинетики поглощения контрастного парамагнитного препарата (магневист) новообразованиями головного мозга методом динамической магнитно-резонансной томографии на низкопольном томографе: дис...канд. мед. наук.—Томск.—2001.—118 с.
- Ибатуллин М.М. Алгоритмы магнитно-резонансной диагностики наиболее распространенных опухолей головного мозга на томографах среднего поля // Мед. визуализация.—2002.—№ 1.—С. 16–23.
- Ибатуллин М.М. Магнитно-резонансная диагностика опухолей и многоочаговых поражений головного мозга на томографах среднего поля: дис. ... д-ра мед. наук.—СПб.—2002.—262 с.
- Колесникова Н.О. Динамика контрастного усиления в диагностике опухолей головного мозга с помощью МР-томографии с применением «омнискана» // Магнитно-резонансная томография в медицинской практике : мат. науч.-практ. конф.—СПб.—1996.—С. 124–125.
- Колесникова Н.О. Магнитно-резонансная томография (0,5Т) с контрастным усилением в диагностике опухолей головного мозга : автореф. дис. ... канд. мед. наук.—М.—1998.—20 с.
- Корниенко В.Н., Пронин И.Н. Диагностическая нейрорадиология.—М.—2006.—1328 с.
- Ринк П.А., Сеницын В.Е. Контрастные средства для компьютерной и магнитной резонансной томографии. Основные принципы // Вестн. рентгенол. и радиол. 1995.—№ 6.—С. 52–59.
- Haris M., Gupta R.K., Singh A. et al. Differentiation of infective from neoplastic brain lesions by dynamic contrast-enhanced MRI // Neuroradiology.—2008.—Vol. 50.—№ 6.—P. 531–540.
- Jacobs A.H., Kracht L.W., Gossmann A. et al. Imaging in Neurooncology // NeuroRx.—2005.—№ 2.—P. 333–347.
- Jackson A., Buckley D.L., Parker G.J. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in oncology.—Springer, 2005.—312 p.
- Padhani A.R., Choyke P.L. New techniques in oncologic imaging.—New York, London: Taylor & Francis.—2006.—378 p.
- Paulson E.S., Schmainda K.M. Comparison of dynamic susceptibility-weighted contrast-enhanced MR methods: recommendations for measuring relative cerebral blood volume in brain tumors // Radiology.—2008.—Vol. 249 (2).—P. 416–417.
- Pinker K., Noebauer-Huhmann I.M., Stavrou I. et al. High-resolution contrast-enhanced, susceptibility-weighted MR imaging at 3T in patients with brain tumors: correlation with positron-emission tomography and histopathologic findings // Am J Neuroradiol.—2007.—Vol. 28.—№ 7.—P. 1280–1286.
- Reimer P., Parizel P.M., Stichnoth F.A. Clinical MR Imaging.—Springer, 2006.—598 p.
- Rodriguez-Romero R., Vivancos-Garcia J., Pinero Gonzalez de la Pena P., Monreal-Rodriguez C. The value of perfusion MR to differentiate between low and high grade brain gliomas // European congress of radiology – 2007.—Vol. 17.—Suppl. 1, C-700.—P. 475.
- Veeravagu A., Hou L.C., Hsu A.R. et al. The temporal correlation of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging with tumor angiogenesis in a murine glioblastoma model // Neurol. Res.—2008.—Vol. 30.—№ 9.—P. 952–959.
- Young G.S. Advanced MRI of adult brain tumors // Neurol. Clin.—2007.—Vol. 25.—№ 4.—P. 947–973.

*A.F. Panfilenko¹, S.A. Yakovlev², A.V. Pozdnyakov³,
L.A. Tyutin¹, A.Yu. Shcherbuk³*

MRI WITH DYNAMIC CONTRAST ENHANCEMENT IN BRAIN TUMORS

¹Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies,

²V.A.Almazov Federal Center of the Heart, Blood and Endocrinology

³St. Petersburg Clinical Scientific-Practical Center of Specialized Types of Medical Care (oncological) St. Petersburg

Magnetic resonance imaging (MRI) is the leading method of radiation diagnosis of brain tumors. In conditions of the artificial contrast enhancement there are more clearly differentiated the boundaries of the tumor node on the back of peritumorous edema and identified structural features of the tumor. The purpose of this study was to examine indicators of the dynamics of accumulation and removal of contrast agents by brain tumors in MRI technique with dynamic contrast and identify opportunities of this method in the differential diagnosis of various types of tumors.

Поступила в редакцию 10.10.2012 г.