

УДК: 616-073.8

¹Федоров М.А., ²Диомидова В.Н., ³Мигушкина Л.П.,
³Мельникова А.С.

¹ООО «Лечебно-диагностический центр международного института биологических систем – Чебоксары». 428028, г. Чебоксары, пр. Тракторостроителей, 46

²ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары. 428015, г. Чебоксары, Московский пр., 15; БУ «Городская клиническая больница №1». 428028, г. Чебоксары, пр. Тракторостроителей, 46

Изучение возможностей магнитно-резонансной томографии в диагностике ишемического инсульта

Резюме. Актуальность проблемы. Отсутствуют алгоритмы магнитно-резонансной томографии (МРТ) при обследовании пациентов с острыми нарушениями мозгового кровообращения в острейшую стадию. Необходимы исследования по улучшению возможностей идентификации участков необратимо поврежденной ткани мозга и выявления уровня критически сниженного мозгового кровотока при ишемическом инсульте. **Цель работы:** оценить диагностическую эффективность применения метода магнитно-резонансной томографии в остром периоде ишемического инсульта. **Материалы и методы:** проанализированы результаты клинично-нейровизуализационного обследования 115 больных с первичным ишемическим инсультом, которым проводилась МРТ. Выполнена количественная оценка инфарктов головного мозга (ГМ) с определением объема очага поражения и оценкой ликворосодержащих пространств с оценкой локализации очагов инсульта и выявлением сопутствующих изменений. **Результаты.** При МРТ изменения в мозговых структурах отмечались в течение первых 24 часов после развития инсульта. Были выявлены постинфарктные изменения, лейкоареоз, геморрагическая трансформация (ГТ) и расширение ликворных пространств. Полученные при МРТ данные свидетельствовали о более частой встречаемости ГТ в ранние сроки от начала проявлений неврологической симптоматики. Динамический нейровизуализационный мониторинг позволил установить нарастающую ГТ, при которой отмечалось значительное увеличение размеров кровоизлияния. Показано наличие достоверных различий значений измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) в зоне инфаркта в оба срока исследования относительно соответствующих уровней этого показателя интактного вещества противоположного полушария ГМ. В зоне пенымбры отмечено значимое увеличение ИКД относительно соответствующего уровня в интактном веществе ГМ. **Обсуждение:** применение диффузионно-взвешенной МРТ с оценкой показателя ИКД – высокоинформативный метод выявления зоны необратимых изменений, а также зоны ишемической пенымбры у больных с ишемическим инсультом. Полученные данные согласуются с результатами других авторов, в исследованиях которых показаны преимущества применения МРТ

¹Fedorov M.A., ²Diomidova V.N., ³Migushkina L.P.,
³Melnikova A.S.

¹LLC "Medical and Diagnostic Center of International Institute of Biological Systems – Cheboksary". 46 Traktorostroiteley pr., 428028, Cheboksary, Russia

²Federal State Educational Budget Institution of Higher Professional Education «The Ulianov Chuvash State University». 15 Moskovsky ave., 428015, Cheboksary; BU «City Clinical Hospital №1». 46 Traktorostroiteley pr., 428028, Cheboksary, Russia

The investigation of the Magnetic Resonance Tomography possibility in diagnosis of ischemic stroke

Abstract. Background: there are no algorithms for magnetic resonance imaging (MRI) on patients with acute ischemic stroke in the acute stage. Research is needed to improve the capacity to identify areas of permanent damage to the brain tissue and identify the level of critical decrease in cerebral blood flow in ischemic stroke. **Aim.** To evaluate the diagnostic efficacy of the method of magnetic resonance imaging in acute ischemic stroke. **Materials and Methods.** The results of the clinical and neuroimaging examinations of 115 patients with primary ischemic stroke who underwent MRI. The quantitative evaluation of cerebral infarcts (GM) with the definition of the volume of the lesion and evaluation of liquorosoderzhaschih spaces with assessment centers of localization of stroke and identification of related changes. **Results:** MRI changes in brain structures observed during the first 24 hours after stroke onset. Were identified postinfarction changes leukoaralosis, hemorrhagic transformation (HT) and the expansion of cerebrospinal fluid spaces. These MRI data showed a high incidence of HT in the early stages of the onset of neurological symptoms. Dynamic monitoring of neuroimaging has allowed to establish the growing GT, in which there was a significant increase in the size of hemorrhage. The presence of significant differences in the measured values of the diffusion coefficient (ICD) in the area of attack in both the duration of the study on the appropriate level of this index intact brain tissue in the opposite hemisphere. In the penumbra zone was a significant increase in the ICD regarding the appropriate level in the intact brain tissue. **Discussion:** the use of diffusion-weighted MRI with an estimate of the index of ICD - highly informative method of identifying areas of irreversible changes, as well as ischemic penumbra zone in patients with ischemic stroke. The findings are consistent with results of other authors in studies that show the benefits of the use of MRI in the diagnosis of stroke. **Conclusions.** The brain MRI is the method of choice in the investigation of patients with suspected ischemic stroke from the first hours of the onset of the disease. Application protocol multisequence MRI, including diffusion-weighted MRI study reveals areas of bioenergy damage in the initial stages of violations of diffusion processes. Possibilities of MRI in the early diagnosis of ischemic brain stroke can be recommended to use this method in the earliest date of onset.

в диагностике инсультов. **Выводы:** МРТ головного мозга является методом выбора при исследовании пациентов с подозрением на ишемический инсульт уже с первых часов от начала заболевания. Применение многопоследовательного протокола МРТ, включающего диффузионно-взвешенное МРТ-исследование, позволяет выявить зоны биохимического повреждения в начальной стадии нарушения диффузионных процессов. Возможности МРТ в ранней диагностике ишемического инсульта головного мозга позволяют рекомендовать использовать этот метод в возможно ранние сроки от начала заболевания.

Ключевые слова: ишемический инсульт, магнитно-резонансная томография, нейровизуализация, диффузионно-взвешенный режим

Keywords: ischemic stroke, magnetic resonance imaging, neuroimaging, diffusion-weighted mode

Контактное лицо:

Диомидова Валентина Николаевна

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней с курсом лучевой диагностики ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова», Чебоксары. 428015, г. Чебоксары, Московский пр., 15; Тел.: 8 (8452) 45-26-97, e-mail: diomidovavn@rambler.ru

Contact person:

Diomidova Valentina Nikolaevna

Doctor in Medical Science, professor, Head of the Chair of Propaedeutics of Internal Diseases with Radio Diagnosis Course, Federal State Educational Budget Institution of Higher Professional Education «The Ulianov Chuvash State University». 15 Moskovsky ave., 428015, Cherbokarsy; 8 (8452) 45-26-97, e-mail: diomidovavn@rambler.ru

Актуальность проблемы. В последние годы интенсивно изучаются возможности магнитно-резонансной томографии (МРТ) в раннем распознавании инсульта [1, 2, 4, 6, 8]. Показана ассоциация клинических и рентгенологических характеристик этой патологии с уровнями перфузии тканей головного мозга [6, 7]. Большинство исследователей считают, что использование метода МРТ является особенно актуальным при редких типах инсультов либо при состояниях, которые имитируют эту патологию, в тех случаях, когда по данным компьютерной томографии (КТ) не удается оценить состояние тканей головного мозга [12, 13]. Традиционная МРТ позволяет выявить наличие мелких (лакунарных) инфарктов, установить наличие ишемических очагов в задней черепной ямке. Метод обеспечивает получение большего объема информации о размерах инфаркта, выраженности отека, состоянии структур, окружающих ишемический очаг [1, 4, 5].

В ряде лечебных учреждений МРТ использует как основной метод исследования при остром инсульте. При этом полагают, что применение МРТ с использованием диффузионно-взвешенного режима более эффективно в отношении диагностики ранних ишемических изменений по

сравнению с компьютерной томографией [7, 14, 15].

Несмотря на применение в клинической практике целого ряда современных методов нейровизуализации, алгоритмы обследования пациентов с острыми нарушениями мозгового кровообращения (ОНМК) отсутствуют, в том числе и алгоритм МРТ-обследования таких больных, особенно в острой стадии. Обсуждаются возможности идентификации участков необратимо поврежденной ткани мозга и выявления уровня критически сниженного мозгового кровотока при данной патологии [7, 11].

Вышеизложенное определило **цель исследования** – оценить диагностическую эффективность применения метода магнитно-резонансной томографии в остром периоде ишемического инсульта.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базе БУ «Городская клиническая больница № 1», г. Чебоксары Чувашской Республики. Проведен анализ данных МРТ пациентов, поступивших на лечение в блок интенсивной терапии первичного сосудистого отделения.

Проанализированы результаты клиничко-нейровизуализационного обследования 115 больных с первичным ишемическим инсультом (ИИ). Определение подтипа инсуль-

та осуществлено по классификации Научного центра неврологии РАМН (2000) [3]. В исследование включено 62 мужчины (53,9%) и 52 женщины (46,1%), в возрасте от 39 до 82 лет (средний возраст 65,4±18,2 года), поступившие в течение первых 48 часов после развития заболевания.

Магнитно-резонансная томография была проведена на высокопольном МРТ «Siemens Magnetom Harmony», с напряженностью магнитного поля 1,0 Тл и толщиной среза 5 мм. При обследовании всех пациентов был использован стандартный протокол исследования, включающий получение аксиальных изображений T1 ВИ, T2 ВИ, в ИП FLAIR, DWI, SWI (T2* ВИ), сагиттальных – T1 ВИ, коронарных – T2 ВИ. Выполнена количественная оценка инфарктов головного мозга с определением объема поражения и оценкой ликворосодержащих пространств (желудочков мозга и субарахноидального пространства) с использованием измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) в зоне инфаркта по данным ДВ-МРТ.

Размер (объем) очага у пациентов ИИ с наиболее распространенными подтипами ИИ (атеротромботическим – АТИ, кардиоэмболическим – КЭИ и лакунарным – ЛИ) рассчитывали на основании данных МРТ в режиме T2 FLAIR.

На основании полученных данных оценивали: локализацию инфаркта – бассейны средней мозговой артерии (СМА), передней и задней мозговой артерии (ПМА, ЗМА), его отношение к прилежащим структурам головного мозга. Рассчитывали объемное соотношение, объем желудочков и субарахноидального пространства, выявляли смещение структур мозга относительно срединной линии. Выявляли также сопутствующие инфаркту изменения: очаги глиозной трансформации (как следствие гипертонической микроангиопатии), малые глубинные (лакунарные) инфаркты, лейкоареоз (диффузное изменение МР-сигнала от глубоких отделов белого вещества полушарий большого мозга, локализующиеся перивентрикулярно), постгеморрагические псевдокисты (как последствия перенесенных кровоизлияний). Оценивали площадь (режим ДВ-MPT) и объем повреждения (режим T2-FLAIR). Рассчитывали измеряемый коэффициент диффузии по соответствующей карте в зоне инфаркта и пенумбре. Эти же параметры оценивали в симметричной области здорового полушария. Рассчитывали относительный ИКД, как соотношение показателей в пораженном и здоровом полушариях головного мозга. При измерении площади повреждения зону интереса выделяли на срезе с максимальным размером очага поражения, последующую обработку осуществляли с помощью специального программного обеспечения.

Статистическая обработка полученных данных производилась с

использованием пакета STATISTICA 8,0. Методы описательной статистики включали в себя оценку среднего арифметического (M), ошибки среднего значения (m) – для признаков, имеющих непрерывное распределение. При оценке различий значений количественных параметров использовали t-критерий Стьюдента для независимых выборок (после проверки распределения признаков на соответствие закону нормального распределения по критерию Колмогорова-Смирнова) или непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Оценку достоверности различий между качественными показателями сравнимых групп проводили с помощью критерия χ^2 (хи-квадрат) с учетом поправки Йетса для сравнения частот бинарного признака в двух несвязанных группах парных сравнений.

Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы принимали равным 0,05.

Результаты. В рамках нашей работы средний срок от появления неврологических симптомов до первого МРТ исследования при подзрении на ИИ составил $26,5 \pm 9,2$ часов. Оценка распределения нарушений кровообращения по бассейнам различных артерий показала, что в бассейне СМА очаг повреждения был выявлен у 75 (65,2%) пациентов, в бассейне ПМА – у 5 (4,4%) больных, в бассейне ЗМА – у 7 (6,0%) пациентов. Также у 8 (7,0%) больных были выявлены очаги в бассейне перфорирующих артерий. У 19 пациентов (16,5%) ОНМК на-

блюдалось в бассейне вертебробазиллярных артерий.

Оценка пациентов по распределению очагов показала, что очаги в лобной доле отмечены у 9 (7,8%) больных, в височной – у 27 (23,5%), в теменной – у 32 (27,2%) пациентов. Очаги в глубоких отделах белого вещества полушарий ГМ выявлены у 14 больных (12,2%), в таламусе – у 6 (5,2%) пациентов, во внутренней капсуле – у 11 (7,8%) больных, в стволе мозга – у 8 (7,0%) пациентов, в мозжечке – у 11 (9,5%) больных.

Следует отметить, что при использовании только стандартных режимов МРТ очаг ишемии в первые часы от начала проявления неврологической симптоматики не визуализировался даже при использовании разных импульсных последовательностей. При этом сдвиги, происходящие в мозговых структурах, отмечались в течение первых 24 часов после развития инсульта, тогда как структурные изменения в веществе головного мозга еще не развились.

На следующем этапе исследования наряду с оценкой очагов инфаркта в остром периоде инсульта был выполнен анализ наблюдаемых сопутствующих изменений в тканях. При этом были отмечены: остинфарктные изменения, лейкоареоз, геморрагическая трансформация (ГТ) и расширение ликворных пространств.

При ишемии ГМ отмечались вторичные кровоизлияния в зону инфаркта, которые рассматривались как геморрагическая трансформация и проявлялись как небольшими петехиальными диапедезными кровоизлияниями, так и внутримозговой гематомой (рис. 1).

ГТ у пациентов с ИИ выявлялась в 50 (43,5%) случаях, чаще – по типу гематомы (54%), реже – по петехиальному типу (46%). Частота выявления вариантов ГТ в сроки менее или более 3 суток от начала ИИ представлена ниже (табл. 2).

Полученные при МРТ данные свидетельствовали о более частой встречаемости ГТ в ранние сроки от начала проявлений неврологической симптоматики при всех ее типах. При этом динамический нейровизуализационный мониторинг позволил установить нарастающую ГТ, при которой отмечалось значительное увеличение размеров кровоизлияния. В этой связи была выполнена количественная оценка инфарктов головного мозга с определением объема очага поражения, объема ликворосодержащих пространств (желудочков мозга и субарахноидального пространства),

Рисунок 1.

Больная Ш., 87 лет, с диагнозом «мультифокальное ОНМК по ишемическому типу в бассейнах правых СМА и ЗМА, острая стадия».

МРТ (исследование проведено через 24 часа от начала заболевания): а – DWI с высоким диффузионным фактором ($b=1000$), аксиальная плоскость; б – ADC-карта, аксиальная плоскость. В правых теменной и лобной долях визуализируются зоны неоднородно гиперинтенсивного сигнала на изображении DWI ($b=1000$) и неоднородно гипоинтенсивного на ADC-карте, вследствие рестрикции диффузии (ИКД в зоне ишемии составляет $33,5-38,9 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$)

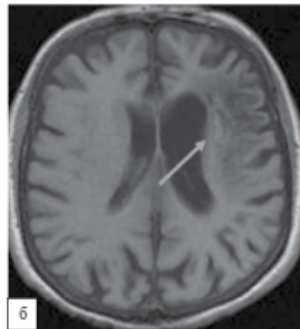
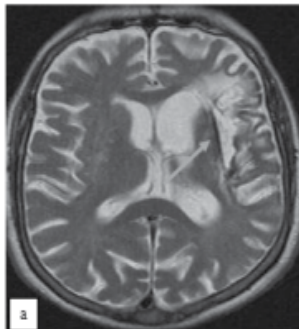
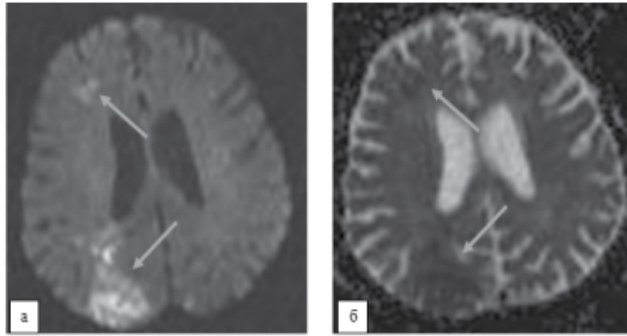


Рисунок 2.

Больная Б., 65 лет, с диагнозом «последствия перенесенного ОНМК по смешанному типу в бассейне левой СМА».

МРТ (исследование проведено через 27 дней от начала заболевания): а – Т2 ВИ, аксиальная плоскость; б – Т1 ВИ, аксиальная плоскость. В левой лобно-островковой области определяется зона кистозно-атрофических и глиозных изменений, на фоне визуализируются которой участки аинтенсивного сигнала на Т2 ВИ и гиперинтенсивного на Т1 ВИ, что характерно для вторичного петехиального диапедезного кровоизлияния с отложением гемосидерина



измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) в зоне инфаркта по данным ДВ-МРТ.

Размер очага ИИ рассчитывали на основании данных МРТ в режиме T2 FLAIR. При этом АТИ выявлены в 51 (44,4%) случае, КЭИ – в 39 (33,9%) и ЛИ – в 25 (21,7%) случаях. Как видно из табл. 2, минимальный объем очагов отмечен у больных с ЛИ, максимальный – с АТИ. При этом значения показателей объема очагов при АТИ и КЭИ были достоверно ($p < 0,05$) выше соответствующего показателя при ЛИ, однако между значениями в группах КЭИ и АТИ достоверных различий этого показателя выявлено не было.

Сравнительный анализ размера первоначального очага повреждения структуры головного мозга при поступлении больных с ИИ, визуализируемого методом ДВ-МРТ, показал значения ДВИ ($b1000$) –

713,4±285,5 мм, ИКД в зоне необратимых изменений – на уровне $39,8 \pm 6,2 \times 10^{-5}$ мм²/с.

Количественную оценку зоны ишемии выполняли путем изучения диффузионно-взвешенных изображений при поступлении и через 3 и более суток. В рамках данного этапа работы оценивали:

- ИКД в очаге инфаркта;
- ИКД в области ишемической полутени (пенумбра);
- ИКД в противоположном «здоровом» полушарии;
- rADC относительный ИКД - отношение ИКД в очаге поражения (инфаркт или пенумбра) к симметричной зоне противоположного полушария.

Сравнительная оценка показала наличие достоверных различий ($p < 0,05$) значений ИКД в зоне инфаркта в оба срока исследования относительно соответствующих

уровней этого показателя интактного вещества противоположного полушария ГМ. Следует отметить, что ИКД в начальном периоде исследования был значимо ($p < 0,05$) ниже по сравнению с соответствующим уровнем в сроки после 3 суток от начала проявления неврологической симптоматики. По-видимому, выявленные особенности эволюции очага повреждения обусловлены тенденцией к замещению цитотоксического отека на вазогенный. Аналогичная динамика была отмечена при оценке динамики показателя ИКД (rADC).

Известно, что к 7 суткам изображения инфаркта на ИКД-картах приближаются к изоинтенсивным, слабо контрастируя с интактным веществом головного мозга, при этом соотношение значений ИКД в зоне инфаркта и здоровом веществе мозга стремится к единице.

Оценка значений ИКД после 3 суток от начала проявлений неврологической симптоматики выявила его значительную вариабельность. При этом значение показателя для зоны инфаркта составило $55,4 \pm 7,5 \times 10^{-5}$ мм²/с, уровень ИКД в пенумбре – $87,4 \pm 9,3$ (табл. 3).

Значение относительного ИКД приближалось или превышало единицу ($> 0,9$) только у 8 пациентов и составило $0,63 \pm 0,06$. Значительный размах колебаний ИКД зоны инфаркта обусловлен, по-видимому, различной динамикой структурной организации тканей в этой зоне у разных больных.

Анализ показателей для зоны пенумбры не выявил значимых отличий значений ИКД в различные сроки исследования. Изменения показателя были сопоставимы с таковыми для ИКД в неповрежденном полушарии. В то же время в этой зоне наблюдалось значимое увеличение ($p < 0,05$) ИКД (до $1,03 \pm 0,07$ мм²/с), относительно соответствующего уровня в интактном веществе ГМ ($84,1 \pm 6,3 \times 10^{-5}$ мм²/с.), что, по-видимому, обусловлено развитием отека вокруг зоны инфаркта.

Осуждение. В настоящее время является общепризнанным, что МРТ является не только «анатомическим», но и «функциональным» методом визуализации [2, 10, 11]. Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что применение диффузионно-взвешенной МРТ с оценкой показателя ИКД – высокоинформативный метод выявления зоны необратимых изменений, а также зоны ишемической полутени у больных с ишемическим инсультом.

Таблица № 1
Частота выявления вариантов ГТ в различные сроки от начала ИИ

Сроки выявления ГТ	Типы ГТ	
	гематомы (n=23)	петехии (n=27)
менее 3 сут.	20 (87,0%)	15 (55,5%)
более 3 сут.	3 (13,0%)	12 (44,5%)

Таблица № 2
Размеры очагов при различных типах ИИ (M±m)

Тип ИИ	Размер очага, мм ³
Атеротромботический (n=51)	913±285*
Кардиоэмболический (n=39)	849,4±187,5*
Лакунарный (n=25)	278,6±54,2

* $p < 0,05$ – при сравнении значений при АТИ и КЭИ с данными при ЛИ

Таблица № 3
Количественные МРТ показатели в динамике неврологических проявлений ($\times 10^2$ мм²/с, M±m)

Показатель ИКД для соответствующей зоны	Сроки	
	до 48 ч.	более 48 ч.
Зона инфаркта	43,5±10,1	55,4 ±7,5
Зона пенумбры	84,5±15,0	87,4±9,3
Противоположное полушарие	77,3±5,3	84,1±6,3
Относительный ИКД для зоны инфаркта	0,57±0,04	0,63±0,06
Относительный ИКД для зоны пенумбры	1,09±0,10	1,03±0,07

Полученные нами данные согласуются с результатами других авторов, в исследованиях которых показаны преимущества применения МРТ в диагностике инсультов. В то же время в рамках выполненного исследования показано, что только применение многопоследовательного протокола МРТ, включающего ДВ-МРТ-исследование, позволяет выявить зоны биоэнергетического повреждения в начальной стадии нарушения диффузионных процессов (рис. 2). Эти данные, на наш взгляд, подтверждают, что МРТ обладает большими возможностями именно

в ранней диагностике ишемического инсульта по сравнению с КТ [4, 5, 9]. В то же время некоторые исследователи полагают, что использование ДВИ неинформативно для оценки сформировавшегося очага [9, 13]. При применении данного режима ограниченная диффузия выявляется на основании измеряемого коэффициента диффузии, однако такой подход не является абсолютно специфическим при диагностике ишемического повреждения мозга. Следует отметить, что в настоящее время не определен порог ИКД, позволяющий квалифицировать наличие некроти-

зированной ткани и отличить ее от жизнеспособной. В то же время показано, что ткань со слабо выраженным уменьшением значения ИКД в ряде случаев оказывается необратимо поврежденной [4, 10, 14].

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о широких возможностях МРТ ГМ как метода выбора при исследовании пациентов с подозрением на ишемический инсульт уже с первых часов от начала заболевания. Наши исследования показали, что применение диффузионно-взвешенной МРТ с оценкой показателя ИКД является высокоинформативным способом выявления и зоны необратимых изменений, и зоны ишемической полутени у больных с ишемическим инсультом. Установленные возможности МРТ в ранней диагностике ишемического инсульта головного мозга позволяют рекомендовать данные технологии использовать в возможно ранние сроки от начала заболевания. Наши данные также указывают на необходимость продолжения углубленных исследований по выявлению дополнительных диагностических возможностей и дальнейшего совершенствования алгоритма ранней диагностики ишемического инсульта.

Литература

1. Абдурасулов М.Т. Динамика восстановительных процессов при геморрагическом инсульте по данным сопоставления клинических и томографических показателей: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Абдурасулов М.Т. • М., 2008. – 22 с.
2. Губский Л.В. Клинико-томографические сопоставления и оценка внутричерепных изменений при инсульте с использованием низкопольной магнитно-резонансной томографии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Губский Л.В. • М., 2009. • 47 с.
3. Суслин А.С. Диффузионно-взвешенная и перфузионная МРТ в остром периоде ишемического инсульта (клинико-нейровизуализационное сопоставление): автореф. дис. ... канд. мед. наук / Суслин А.С. • М., 2008. – 30 с.
4. Суслина З.А. Подтипы ишемических нарушений мозгового кровообращения: диагностика и лечение / Суслина З.А., Верещагин Н.А., Пирадова М.А. // Consilium Medicum. • 2001. – Т.3. • №5. – P. 35-40.
5. Фокин В.А. Гетерогенность перфузионных расстройств в области обратной ишемии при инсульте / Фокин В.А., Голохвастов С.Ю., Одинак М.М. и др. // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2007. – Т. 2, № 1. – С. 72–75.
6. Bhattacharya P. Early use of MRI improves diagnostic accuracy in young adults with stroke / Bhattacharya P., Nagaraja N., Rajamani K. et al. // J. Neurol. Sci. – 2013. – v.324 (1-2). – P.62-64.
7. Choi P. 'Fogging' resulting in normal MRI 3 weeks after ischaemic stroke / Choi P., Srikanth V., Phan T. // BMJ Case Rep. – 2011. • v.9. • P.4110.
8. Kane I. Comparison of 10 different magnetic resonance perfusion imaging processing methods in acute ischemic stroke: Effect on lesion size, proportion of patients with diffusion/perfusion mismatch, clinical scores, and radiologic outcomes / Kane I., Carpenter T., Chappell F. et al. // Stroke. • 2007. – v.38. – / P. 3158-3164.
9. Kidwell C.S. MRI and CT models of infarct core and favorable penumbral imaging patterns in acute ischemic stroke / Kidwell C.S., Wintermark M., De Silva D.A. et al. // Stroke. – 2013. – v.44 (1) – P.73-79.
10. Nakajima M. Secondary signal change and an apparent diffusion coefficient decrease of the substantia nigra after striatal infarction / Nakajima M., Inatomi Y., Okigawa T. et al. // Stroke. • 2013. – v.44 (1). – P.213-216.
11. Shrivastava M. Stand alone mechanical thrombectomy (with penumbra system) for acute ischemic stroke based on MR imaging: Single center experience / Shrivastava M., Lahoti S., Sanghvi D. et al. // Neurol. India. – 2012. – v.60 (4). – P. 406-414.
12. Tang W.K. Cerebral microbleeds and symptom severity of post-stroke depression: a magnetic resonance imaging study / Tang W.K., Chen Y.K., Lu J.Y. et al. // J. Affect. Disord. – 2011. – v.129 (1-3). – P.354-358.
13. Thomalla G. We are on the clock. MRI as a surrogate marker of lesion age in acute ischemic stroke / Thomalla G., Gerloff C. // Stroke. • 2010. – v.41, № 2. – P. 197-198.
14. Uenaka T. Brain imaging modality before systemic thrombolysis for ischemic stroke within three hours / Uenaka T., Yoneda Y., Yamamoto S. et al. // Eur. Neurol. – 2010. – v. 64(4). – P.241-245.
15. Ward N.S. Functional neuroimaging / Ward N.S. // Handb. Clin. Neurol. – 2013. – v.110. – P.121-130.