ISSN 2782-3806
ISSN 2782-3814 (Online)
УДК 616.831-005.4-073.756.8

ВОЗМОЖНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ПРОТОКОЛА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ОСТРЕЙШЕГО ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

Алдатов Р. Х.[1], Фокин В. А.[2], Труфанов Г. Е.[2], Климович А. М.[2], Поспелова М. Л.[2]

[1] Федеральное государственное казенное учреждение «Поликлиника № 4 Федеральной таможенной службы», Санкт-Петербург, Россия
[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:
Алдатов Руслан Хаджимуссаевич,
ФГКУ «Поликлиника № 4 Федеральной таможенной службы»,
Московский пр., д. 141, стр. 1,
Санкт-Петербург, Россия, 196105.
E-mail: ru-ald@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16.12.2024
и принята к печати 14.01.2025

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Самое главное преимущество, которое визуализация предоставляет пациенту с ишемическим инсультом, это быстрое выявление тех случаев, когда, вероятнее всего, будет польза от экстренного лечения. Эта группа включает пациентов, которые страдают от тяжелых неврологических симптомов в связи с окклюзией главной артерии, и тех, кто является кандидатом на реканализацию с помощью внутривенного тромболизиса или внутриартериального вмешательства для удаления тромба. **Цель.** Разработать усовершенствованный протокол (набор импульсных последовательностей) магнитно-резонансной томографии для больных в острейшем периоде ишемического инсульта. **Материалы и методы.** Проанализирован опыт клинического применения МРТ головного мозга в Национальном медицинском исследовательском центре имени В. А. Алмазова у пациентов с ишемическим инсультом. **Результаты.** Наиболее чувствительным при диагностике ишемических изменений в острейшую стадию развития представляется режим диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ). ДВИ имеет большую чувствительность к цитотоксическому отеку по сравнению с FLAIR, что говорит о большей информативности при анализе на картах измеряемого коэффициента диффузии (ИКД). **Заключение.** Разработанный усовершенствованный протокол МР-исследования больных в острейшем периоде ишемического инсульта позволяет в короткие сроки выявить зону ишемии. Время сканирования около 9 мин., что сопоставимо со временем комплексного КТ-исследования, а с учетом усредненного времени укладки пациента 5 мин. относительные различия во времени «укладка+сканирование» КТ и «укладка+сканирование» МРТ составляют всего 30 %.

Ключевые слова: головной мозг, ДВИ, ишемический инсульт, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, FLAIR

Для цитирования: Алдатов Р.Х., Фокин В.А., Труфанов Г.Е. и др. Возможности усовершенствованного протокола магнитно-резонансной томографии в диагностике острейшего ишемического инсульта. Российский журнал персонализированной медицины. 2025;5(1):40-49. DOI: 10.18705/2782-3806-2025-5-1-40-49. EDN: UANCOB

THE POSSIBILITIES OF AN IMPROVED MAGNETIC RESONANCE IMAGING PROTOCOL IN THE DIAGNOSIS OF ACUTE ISCHEMIC STROKE

Aldatov R. Kh.[1], Fokin V. A.[2], Trufanov G. E.[2], Klimovich A. M.[2], Pospelova M. L.[2]

[1] Federal State Government Institution “Polyclinic No. 4 of the Federal Customs Service”, Saint Petersburg, Russia

[2] Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:
Aldatov Ruslan Kh.,
Polyclinic No. 4 of the Federal Customs Service,
141 Moskovsky Prospekt, building 1, Saint Petersburg, Russia, 196105.
E-mail: ru-ald@mail.ru

Received 16 December 2024; accepted 14 January 2025

ABSTRACT

Background. The most important advantage that imaging provides to a patient with ischemic stroke is the rapid identification of those patients who are most likely to benefit from emergency treatment. This group includes patients who suffer from severe neurological symptoms due to occlusion of the main artery, and those who are candidates for recanalization using intravenous thrombolysis or intraarterial intervention to remove a blood clot. **Objective.** To develop an improved protocol (set of pulse sequences) of magnetic resonance imaging for patients in the acute period of ischemic stroke. **Materials and methods**. The experience of clinical use of brain MRI at the Almazov National Medical Research Centre in patients with ischemic stroke is analyzed. **Results.** The most sensitive in the diagnosis of ischemic changes in the most acute stage of development is the DWI regime. The DWI exceeds the value on FLAIR, which indicates greater information content on ADC maps. **Conclusion.** The developed improved protocol of MR examination of patients in the acute period of ischemic stroke makes it possible to identify the ischemic zone in a short time. The scan time is about 9 minutes, which is comparable to the time of a comprehensive CT scan, and taking into account the

average patient's 5-minute laying time, the relative differences in the "laying+scanning" CT and "laying+scanning" MRI time are only 30 %.

Key words: brain, computed tomography, DWI, FLAIR, ischemic stroke, magnetic resonance imaging

For citation: Aldatov RKh, Fokin VA, Trufanov GE, et al. The possibilities of an improved magnetic resonance imaging protocol in the diagnosis of acute ischemic stroke. Russian Journal for Personalized Medicine. 2025;5(1):40-49. (In Russ.) DOI: 10.18705/2782-3806-2025-5-1-40-49. EDN: UANCOB

Список сокращений: ДВИ — диффузионно-взвешенные изображения, ИДК — измеряемый коэффициент диффузии, ИП — импульсная последовательность, КТ — компьютерная томография, МР — магнитно-резонансная, МРТ — магнитно-резонансная томография, ТИА — транзиторная ишемическая атака, DWI (Diffusion Weighted Imaging) — диффузионно-взвешенное изображение, FLAIR (FLuid Attenuation Inversion Recovery) — импульсная последовательность с подавлением сигнала от свободной жидкости, GRE (Gradient Echo) — градиентное эхо.

ВВЕДЕНИЕ

По критериям ВОЗ ишемический инсульт определяют как «острое очаговое неврологическое нарушение с клиническими проявлениями, сохраняющимися в течение более 24 ч., наиболее вероятной причиной которого служит ишемия головного мозга» [1].

Заболеваемость инсультом существенно отличается в разных регионах — от 1 до 5 случаев на 1000 населения в год. Наименьшая заболеваемость зарегистрирована в скандинавских странах, Нидерландах, Швейцарии (0,38–0,47 на 1000), высокая — в странах Восточной Европы (Болгария, Венгрия) и Российской Федерации (РФ) [2, 3].

В мировом масштабе сосудистые заболевания головного мозга являются доминирующими причинами постоянной нетрудоспособности и долгих периодов стационарного лечения больных, что причиняет явный экономический и социальный ущерб [4, 5].

Заболеваемость повторным инсультом составляет 0,79 на 1000 населения. Доля ишемического инсульта среди повторных инсультов составляет 87,5 %. Показатель распространенности повторного инсульта среди всех инсультов — 25,5 %, что свидетельствует о недостаточной эффективности вторичной профилактики [6].

В настоящее время наблюдается прогресс в диагностике ишемического инсульта. Перспективные методы и методики нейровизуализации, такие как компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), МР-спектроскопия, внедряются в клиническую практику, и благодаря им в последние десятилетия удалось изучить и объяснить механизмы кровоснабжения, определить структуру, особенности кровотока и метаболизма головного мозга [7, 8].

Многие авторы считают, что временной фактор имеет решающее значение в системе оказания помощи при развитии церебральной ишемии и ее последствий. Особое внимание уделяется получению доказательств развития инсультов в первые часы от момента неврологической симптоматики. Все это требует применения специальных методов и методик лучевой диагностики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В наше исследование включены 43 пациента с клинической картиной, подозрительной на острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу, поступивших в первые 24 ч. от момента развития неврологической симптоматики, из них — 25 (58 %) мужчин и 18 (42 %) женщин, в возрасте от 55 и до 81 года.

Все 43 больных находились на стационарном обследовании и лечении в отделении неврологии НМИЦ им. В. А. Алмазова. Анализируемый период — 2019–2020 гг.

Исследование пациентов проводилось на магнитно-резонансном томографе Magnetom Trio A Tim (Siemens, Германия) с величиной магнитной индукции 3 Тесла.

Магнитно-резонансную томографию выполняли с применением радиочастотной головной катушки Head Coil. Больной находился в положении на спине. Центровку лазерной метки осуществляли относительно переносицы.

В комплексное магнитно-резонансное исследование входило: градиентное эхо — GRE, FLAIR, МРТ диффузия, МРТ перфузия, бесконтрастная

Таблица 1. Усовершенствованный протокол МР-исследования

Table 1. Improved MR examination protocol

Импульсная последовательность	Время сканирования
Локалайзер в трех плоскостях	10 с.
МР-диффузия	42 с.
GRE	1 мин. 17 с.
FLAIR	1 мин. 54 с.
МРА 3D TOF (42 среза 1 мм)	1 мин. 35 с.
Экстракраниальные артерии	1 мин. 37 с.
МР-перфузия (при планировании внутрисосудистых вмешательств)	1 мин. 17 с.
Итого:	**8 мин. 53 с.**

Таблица 2. Параметры сканирования МРТ головного мозга

Table 2. Brain MRI Scan Parameters

ИП	Плоскость	ЧС	ТС, мм	TR, мс	TE, мс	FOV, мм	Dist. factor %	Время сканирования
МР-диффузия	аксиальная	19	5	3100	92	230	30	42 с.
GRE	аксиальная	19	5	486	20	250	20	1 мин. 17 с.
FLAIR	аксиальная	25	4	7000	79	220	30	1 мин. 54 с.
МРА 3D TOF	аксиальная	1	1,30	22	3,86	200	-27,5	1 мин. 35 с.
Vessels neck	аксиальная	40	5	18	3,70	200	-20	29 с.
PC 2D	корональная	1	60	38,9	8,4	200	20	24 с.
Преконтрастная fl3d cor	корональная	1	1,20	2,66	0,9	500	20	16 с.
Care bolus cor	корональная	1	18	44,4	1,56	400	20	12 с.
Постконтрастная fl3d cor	корональная	1	1,20	2,66	0,9	500	20	16 с.
МР-перфузия	аксиальная	13	5	1450	45	230	30	1 мин. 17 с.

ангиография (3D TOF) интракраниальных артерий, при необходимости выполняли МР-ангиографию с контрастированием (подробное описание ниже).

Исследование проводилось только в одной (аксиальной) плоскости сканирования.

Нами разработан усовершенствованный протокол МРТ, в который, помимо сосудов головного мозга, были включены и брахиоцефальные артерии. Параметры импульсных последовательностей, а также их порядок и продолжительность представлены в таблице 1. По сравнению со стандартным исследованием головного мозга, которое занимает обычно около 20 мин., длительность данного протокола сокращена более чем в 2 раза, до 9 мин., и позволяет оптимизировать в том числе общее время «от двери до иглы», что крайне важно в определении тактики лечения, особенно у пациентов в рамках «терапевтического окна» до 4,5 ч.

Исследование пациентов начинали с использования Localizer, получали предварительные срезы головного мозга в 3 плоскостях. Эти изображения в последующем использовали для выставления срезов в других плоскостях. Параметры сканирования представлены в таблице 2. Линия наклонной плоскости области интереса головного мозга проходила через нижнюю точку валика и колена мозолистого тела.

РЕЗУЛЬТАТЫ

МРТ проведена 43 больным. Всем пациентам МРТ была выполнена спустя 4,5 ч. после появления соответствующих жалоб и развития неврологической симптоматики, чаще всего с целью верификации зоны поражения головного мозга при симптомах инсульта.

Применялся наш МРТ-алгоритм, который позволяет за 8 мин. 53 с. определиться с фактом и объемом ишемического повреждения.

Провели анализ между выраженностью неврологической симптоматики и объемом инфаркта в первые 24 ч. по данным ДВИ (табл. 3).

Из таблицы 3 видно, что между показателями обнаружена значимая положительная умеренная корреляция ($p < 0{,}0001$).

Провели корреляционный анализ между выраженностью неврологической симптоматики и объемом инфаркта в первые 24 ч. по данным ДВИ (рис. 1).

У каждого пациента при больших значениях ДВИ были и высокие цифры NIHSS.

Из таблицы 4 следует, что между показателями есть сильная положительная значимая корреляция $Rs = 0{,}634$, $p < 0{,}0001$.

У каждого пациента значение ДВИ превышает значение FLAIR, что говорит о большей информативности на ИДК картах. Из рисунка 2 следует, что между измерениями FLAIR и ДВИ наблюдается высокая статистически значимая корреляция ($p = 2 \cdot 10^{-9}$).

Из таблицы 5 следует, что при поступлении пациентов в сроки от 4,5 до 6 ч. от момента появления патологии чаще обнаруживалось повышение интенсивности МР-сигнала на FLAIR (вазогенный отек) и повышение интенсивности МР-сигнала на ДВИ с фактором взвешивания $b = 1000$ (соответствует цитотоксическому отеку).

Зависимость между значениями FLAIR и ДВИ практически идеально (с высокой точностью в пределах относительной ошибки в 5 %) описывается уравнением линейной регрессии вида $Y = A + B \times X$. Точка пересечения (интерсепт) статистически не отличается от нуля, коэффициент регрессии

Таблица 3. Анализ связи между выраженностью неврологической симптоматики и объемом инфаркта в первые 24 ч. по данным ДВИ

Table 3. Data analysis between the severity of neurological symptoms and the volume of infarction in the first 24 hours according to DWI

Показатель	N	Mean	Median	Min	Max	Lower Quartile	Upper Quartile	Std. Dev.
Объем повреждения по ДВИ	43	11,86	10,80	3,50	24,10	9,20	13,90	4,40
Шкалы инсульта Национального института здоровья NIHSS (при поступлении)	43	4,51	4,00	0,00	14,00	1,00	7,00	4,02

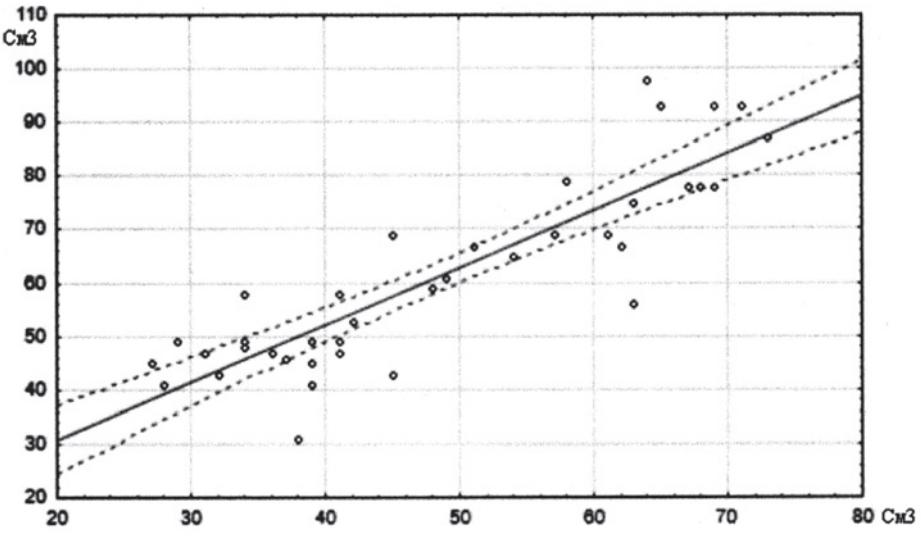

Рис. 1. Корреляционный анализ показателей объема повреждения по ДВИ (b1000) и NIHSS (при поступлении)

Figure 1. Correlation analysis of damage volume indicators for DWI (b1000) and NIHSS (upon admission

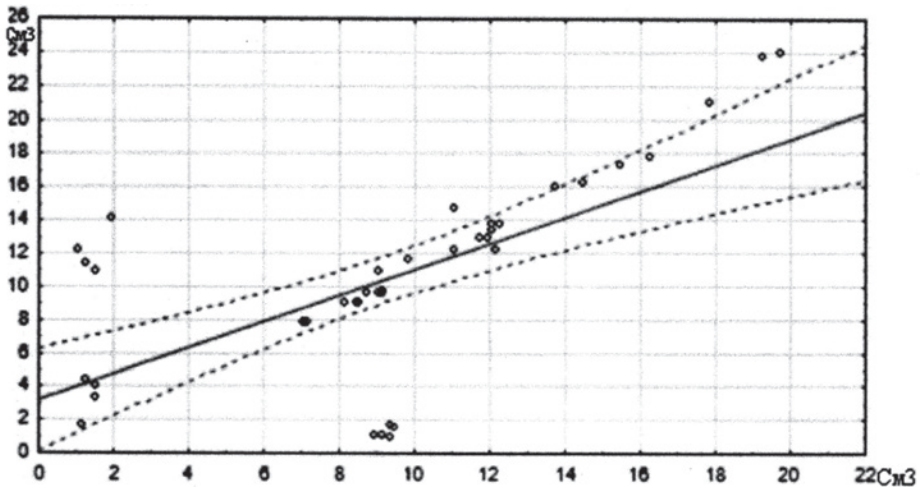

Рис. 2. Корреляционный анализ объема повреждения на ДВИ и FLAIR

Figure 2. Correlation analysis of damage volume on DWI and FLAIR

(наклон) статистически не отличается от 1. Это означает, что согласованность между результатами измерений FLAIR и ДВИ практически идеальная и что с помощью выведенного уравнения регрессии с большой точностью по значению одной из величин можно предсказать значение другой: по значению FLAIR — значение ДВИ и наоборот. В итоге измерения FLAIR и ДВИ через 4,5 ч. после развития у пациентов признаков инсульта практически совпадают и взаимозаменяемы, но статистически значимо в пользу ДВИ.

Таким образом, отсутствие различий в объеме поражения при использовании МРТ в режимах DWI и FLAIR может указывать на время, прошедшее с начала инсульта, как 4,5 ч. и более.

ОБСУЖДЕНИЕ

Магнитно-резонансная томография становится все более доступной в качестве альтернативы методу визуализации при острейшем инсульте, помимо стандартных импульсных последователь-

Таблица 4. Корреляционный анализ объема повреждения в режимах FLAIR и ДВИ

Table 4. Correlation analysis of damage volume in FLAIR mode and DWI

Показатель	N	Mean	Median	Min	Max	Lower Quartile	Upper Quartile	Std. Dev.
Объем повреждения в режиме FLAIR	43	9,14	9,10	1,00	19,70	7,10	12,00	4,83
Объем повреждения по ДВИ (b1000)	43	10,39	9,90	1,10	24,10	7,90	13,90	5,91

Таблица 5. Корреляционный анализ объема повреждения в режимах FLAIR и ДВИ у пациентов во временном диапазоне от 4,5 до 6 ч.

Table 5. Correlation analysis of the volume of damage in the FLAIR mode and DWI in patients in the time range from 4.5 to 6 hours

Показатель	N	Mean	Median	Min	Max	Lower Quartile	Upper Quartile	Std. Dev.
Объем повреждения в режиме FLAIR	9	19,47	0,60	0,00	114,00	0,00	17,00	33,17
Объем повреждения в режиме ДВИ (b1000)	9	28,23	11,60	0,40	118,40	1,90	51,00	35,99

ностей, включает в себя: ангиографию, МР-диффузию и МР-перфузию [9, 10].

Некоторые исследователи утверждают, что наиболее надежным критерием в диагностике инсульта в первые часы является изменение интенсивности МР-сигнала от вещества мозга [11, 12].

В настоящее время актуально использование МРТ в приемном отделении.

В исследовании Honig S. E. и соавторов (2017) после установки МР-томографа в приемное отделение (ПО) увеличилось применение МРТ у пациентов с инсультоподобной клиникой. МРТ в ПО заменило те МРТ, которые раньше выполнялись стационарно, при этом общее количество МРТ на одного пациента не изменилось. У большего числа лиц, поступающих в инсультное отделение, действительно был инсульт, поэтому средний койко-день у пациентов без инсульта уменьшился, поскольку они выписывались быстрее, чем больные с инсультом. Установка МРТ в ПО приводит к повышению эффективности и точности диагностики и лечения пациентов с инсультоподобной клиникой, без риска недооценки ТИА или эволюционирующих инсультов при наличии отрицательных МРТ в ПО.

МРТ становится все более доступной в качестве альтернативы методу визуализации при остром инсульте [14, 15].

Долгое время МРТ не могла визуализировать острые кровоизлияния, особенно субарахноидальные, что ограничивало ее применение в первой линии диагностики. Появились градиентное эхо и SWAN (SWI) импульсные последовательности, которые позволяют увидеть даже микрокровоизлияния [16].

ДВИ представляет собой, по мнению большинства авторов, наиболее раннюю чувствительную методику обнаружения цитотоксического отека [17].

По мнению одних экспертов, начальные изменения церебрального кровотока на МР-исследовании визуализируются в первые минуты от начала неврологической симптоматики. Другие ученые утверждают, что начальные изменения можно выявить не ранее чем через 30–40 мин. [18, 19].

В работе Thomalla G. и коллег (2009) дана сравнительная характеристика возможностей ДВИ и FLAIR в первые часы от момента инсульта. Отмечалось несоответствие при положительном ДВИ и отрицательном FLAIR в первые 3 ч. и ранее, при увеличении временного показателя до 6 ч. чувствительность FLAIR составила 100 %. ДВИ-FLAIR несоответствие — первые исследования продемонстрировали достаточно высокую чувствительность, но низкую специфичность в диагностике сроков давности от 3 до 6 ч. [20]. В последующем

эти работы легли в основу клинических рекомендаций по отбору пациентов для тромболизиса с неизвестной давностью возникновения неврологического дефицита [21].

По мнению одних ученых, изменение интенсивности МР-сигнала на ДВИ определяется в течение первого часа, по мнению других — не ранее 2–3 ч. от дебюта заболевания [22, 23].

Клиническая картина не позволяет достоверно определить тип инсульта (ишемический или геморрагический), поэтому выполнение МРТ головного мозга является обязательным для всех пациентов с подозрением на инсульт [24].

Применение метода диффузионно-взвешенных изображений при МРТ-исследовании позволяет диагностировать патологические изменения в первые минуты и часы от развития ишемического инсульта. По сравнению с традиционными Т2- и Т1-взвешенными изображениями, ДВИ более чувствительны к ранним изменениям вещества головного мозга при инсульте. Метод ДВИ обладает 94%-ной чувствительностью и 100%-ной специфичностью в первые 6 ч. развития инсульта [24].

Разработанный усовершенствованный протокол МР-исследования больных в острейшем периоде ишемического инсульта позволяет в короткие сроки определиться с диагнозом. Сканирование занимает около 9 мин., что сопоставимо с продолжительностью комплексного КТ-исследования, а с учетом усредненного времени укладки пациента (5 мин.) относительные различия во времени «укладка+сканирование КТ» и «укладка+сканирование МРТ» составляют всего 20 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ишемический инсульт (ИИ) является наиболее распространенной неврологической причиной тяжелой инвалидности и смерти.

В мировом масштабе сосудистые заболевания головного мозга доминируют среди причин постоянной нетрудоспособности и долгих периодов стационарного лечения больных, что причиняет явный экономический убыток.

Многие авторы считают временной фактор решающим в развитии церебральной ишемии и ее последствий, особого внимания заслуживает определение инсультов в первые часы от момента неврологической симптоматики, все это требует применения специальных методов и методик лучевой диагностики.

Таким образом, целью нашего исследования явилось улучшение ранней диагностики острейшего ишемического инсульта на основании выполнения протокола (набор импульсных последовательностей) с учетом применения магнитно-резонансной томографии головного мозга.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Likhachev SA, Gonchar IA, Nedz'ved' GK. Basic therapy of ischemic stroke in patients with arterial hypertension. Meditsinskie novosti=Medical news. 2006;7:37–41. In Russian [Лихачев С.А., Гончар И.А., Недзьведь Г.К. Базисная терапия ишемического инсульта у больных с артериальной гипертензией. Медицинские новости. 2006;7:37–41].

2. Gusev EI. Neurology. National leadership. Vol. 1. / E. I. Gusev, A. N. Konovalov, V. I. Skvorcova, A. B. Gekht. Moscow: GEOTAR-Media, 2018. P. 299. In Russian [Гусев Е.И. Неврология. Национальное руководство. Том 1. / Под ред. Е. И. Гусева, А. Н. Коновалова, В. И. Скворцовой, А. Б. Гехт. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 299 с.].

3. Yoshimura S. Endovascular Therapy for Acute Stroke with a Large Ischemic Region / S. Yoshimura, N. Sakai, H. Yamagami, et al. // N. Engl. J. Med. 2022;386(14):1303–1313.

4. Silva GS. Endovascular Treatment of Acute Ischemic Stroke / G. S. Silva, R. G. Nogueira // Continuum (Minneap Minn). 2020;26(2):310–331.

5. Krotenkova MV. The main factors determining the prognosis of recovery after ischemic stroke. / M.V. Krotenkova, A. S. Kadykov, Yu. D. Barhatov, et al. // Zhurnal nevrologii i psihiatrii im. C. C. Korsakova=The Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2019;119(5–2):333–334. In Russian [Кротенкова М.В. Основные факторы, определяющие прогноз восстановления после ишемического инсульта / М. В. Кротенкова, А. С. Кадыков, Ю. Д. Бархатов и др. // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2019;119(5–2):333–334].

6. Stahovskaya LV, Klochihina OA, Bogatyreva MD, Chugunova SA. Analysis of epidemiological indicators of recurrent strokes in the regions of the Russian Federation (based on the results of the territorial population registry 2009–2014). Consilium Medicum. 2016;18(9):8–1. In Russian [Стаховская Л.В., Клочихина О.А., Богатырева М.Д., Чугунова С.А. Анализ эпидемиологических показателей повторных инсультов в регионах Российской Федерации (по итогам территориально-популяционного регистра 2009–2014 гг.). Consilium Medicum. 2016;18(9):8–11].

7. Hasanova DR. Stroke. Modern approaches to diagnosis, treatment and prevention: methodological recommendations. / D. R. Hasanova, V. I. Danilov. 2nd ed., revised and additional. Moskva: GEOTAR-Media, 2018. P. 30–33. In Russian [Хасанова Д.Р. Инсульт. Современные подходы диагностики, лечения и профилактики: методические рекомендации / Под ред. Д. Р. Хасановой, В. И. Данилова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. С. 30–33].

8. Goyal M. Challenging the Ischemic Core Concept in Acute Ischemic Stroke Imaging / M. Goyal, J. M. Ospel, B. Menon, et al. // Stroke. 2020;51(10):3147–3155.

9. Fokin VA. MRI in the diagnosis of ischemic stroke: a textbook. / V. A. Fokin, S. N. Yanishevskij, A. G. Trufanov // Voenno-medicinskaya akademiya im. S. M. Kirova. SPb: ELBI-SPb, 2012. P. 96. In Russian [Фокин В.А. МРТ в диагностике ишемического инсульта: учебное пособие / В. А. Фокин, С. Н. Янишевский, А. Г. Труфанов // Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова. СПб: ЭЛБИ-СПб, 2012. 96 с.].

10. Yang SH. Four Decades of Ischemic Penumbra and Its Implication for Ischemic Stroke / S. H. Yang, R. Liu // Transl. Stroke Res. 2021;12(6):937–945.

11. Fokin VA. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of ischemic stroke: A textbook. / V. A. Fokin. SPb: VMedA, 2008. P. 69. In Russian [Фокин В.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике ишемического инсульта: учебное пособие / В. А. Фокин. СПб: ВМедА, 2008. 69 с.].

12. Subudhi A. Automated approach for detection of ischemic stroke using Delaunay Triangulation in brain MRI images / A. Subudhi, U. R. Acharya, M. Dash, et al. // Comput Biol Med. 2018; 103:116–129.

13. Honig SE. The impact of installing an MR scanner in the emergency department for patients presenting with acute stroke-like symptoms. / S. E. Honig, L. S. Babiarz, E. L. Honig, S. Mirbagheri // Clin Imaging. 2017;45:65–70.

14. Praveen GB. Ischemic stroke lesion segmentation using stacked sparse autoencoder / G. B. Praveen, A. Agrawal, P. Sundaram, S. Sardesai // Comput. Biol. Med. 2018;99:38–52.

15. Kauw F. Clinical and Imaging Predictors of Recurrent Ischemic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis / F. Kauw, R. A. P. Takx, W. A. M. de Jong, et al. // Cerebrovasc. Dis. 2018:45(5–6):279–287.

16. Ciccone A. Endovascular treatment for acute ischemic stroke / A. Ciccone, L. Valvassori, M. Nichelatti // N. Engl. J. Med. 2013;368(10):904–913.

17. Wenger KJ. Fast MRI sequences for clarification of acute neurological symptoms. / K. J. Wenger, E. Hattingen // Radiologe. 2020;60(3):208–215.

18. Diomidova VN. Studying the possibilities of magnetic resonance imaging in the diagnosis of ischemic stroke / V. N. Diomidova, M. A. Fedorov, L. P. Migushkina, et al. // Dnevnik kazanskoj medicinskoj shkoly=Diary of the Kazan medical School. 2016. No. 2. P. 24–28. In Russian [Диомидова В.Н. Изучение возможностей магнитно-резонансной томографии в диагностике ишемического инсульта / В. Н. Диомидова, М. А. Федоров, Л. П. Мигушкина и др. // Дневник казанской медицинской школы. 2016. № 2. С. 24–28].

19. Shin DH. Proximal hyper-intense vessel sign on initial FLAIR MRI in hyper-acute middle cerebral artery ischemic stroke: a retrospective observational study / D. H. Shin, S. K. Han, J. H. Lee // Acta. Radiol. 2021;62(7):922–931.

20. Thomalla G. Negative fluid-attenuated inversion recovery imaging identifies acute ischemic stroke at 3 hours or less / G. Thomalla, P. Rossbach, M. Rosenkranz, et al. // Ann. Neurol. 2009;65(6):724–732.

21. Clinical protocol “Reperfusion therapy of ischemic stroke”. Moscow, 2019. In Russian [Клинический протокол «Реперфузионная терапия ишемического инсульта». М., 2019].

22. Levashkina IM. Diffusion tensor MRI is a modern method for assessing microstructural changes in brain matter (literature review) / I. M. Levashkina, S. V. Serebryakova, A. Yu. Efimcev // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Medicina=Bulletin of St. Petersburg University. Medicine. 2016;4:39–54. In Russian [Левашкина И.М. Диффузионно-тензорная МРТ — современный метод оценки микроструктурных изменений вещества головного мозга (обзор литературы) / И. М. Левашкина, С. В. Серебрякова, А. Ю. Ефимцев // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2016;4:39–54].

23. Maruyama D. FLAIR vascular hyperintensity with DWI for regional collateral flow and tissue fate in recanalized acute middle cerebral artery occlusion / D. Maruyama, T. Yamada, M. Murakami, et al. // Eur. J. Radiol. 2021. No. 135. P. 109490.

24. Clinical guidelines “Ischemic stroke and transient ischemic attack”. Moscow, 2024. In Russian [Клинические рекомендации «Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака». М., 2024].

Информация об авторах:

Алдатов Руслан Хаджимуссаевич, к.м.н., заведующий отделением, врач-рентгенолог ФГКУ «Поликлиника № 4 Федеральной таможенной службы»;

Фокин Владимир Александрович, д.м.н., профессор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Труфанов Геннадий Евгеньевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «НМИЦ им.

В. А. Алмазова» Минздрава России, главный научный сотрудник НИО лучевой диагностики ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Климович Анастасия Михайловна, ординатор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Поспелова Мария Львовна, д.м.н., доцент, доцент кафедры неврологии с клиникой, декан факультета довузовского образования и молодежной науки Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, руководитель НИЛ нейроклинической онкологии НЦМУ «Центр персонализированной медицины» ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

Authors Information:

Aldatov Ruslan Kh., Candidate of Medical Sciences, Head of the Department, Radiologist at the Polyclinic No. 4 of the Federal Customs Service;

Fokin Vladimir A., Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Radiation diagnostics and medical imaging with the clinic Almazov National Medical Research Centre;

Trufanov Gennady E., Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Radiological Diagnostics and Medical Imaging, Almazov National Medical Research Centre, Chief Researcher of the Radiology Research Department;

Klimovich Anastasia M., resident of the Department of Radiation Diagnostics and medical imaging with the clinic Almazov National Medical Research Centre;

Pospelova Maria L., MD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Neurology with Clinic, Dean of the Faculty of Pre-University Education and Youth Science of the Institute of Medical Education of the Almazov National Medical Research Centre, head of the Research Institute of Neuroclinical Oncology of the World-Class Research Centre for Personalized Medicine, Almazov National Medical Research Centre.