НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОСТРОГО ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Алдатов Р. Х., Труфанов Г. Е., Фокин В. А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Алдатов Руслан Хаджимуссаевич,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341
E-mail: ru-ald@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.02.2019
и принята к печати 15.04.2019.

Резюме

За последнее десятилетие отмечается значительное усовершенствование методов нейровизуализации для улучшения ранней диагностики острого инсульта. Компьютерная и магнитно-резонансная томография часто используются при внутримозговом кровоизлиянии или для оценки противопоказаний к тромболизису, чтобы обнаружить локализацию зоны ишемии и оценить время начала инсульта. С наличием быстрых и передовых методов визуализации отмечается растущий интерес к их применению для прогнозирования успеха и исключения рисков специфической терапии.

В данном обзоре рассматриваются существующие методы нейровизуализации при острых инсультах. Чтобы интерпретировать результаты нейровизуализации, важно знать клиническую картину. Кроме того, фактор времени, от момента начала инсульта до коллатерального кровоснабжения, должен быть включен в существующие терапевтические стратегии на основе визуализации.

Ключевые слова: ишемический инсульт, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, артерии головного мозга, реканализация, тромболизис.

Для цитирования: Алдатов Р.Х., Труфанов Г.Е., Фокин В.А. Нейровизуализация острого ишемического инсульта: современное состояние. Трансляционная медицина. 2019; 6(2):12–17.

NEUROIMAGING OF ACUTE ISCHEMIC STROKE: CURRENT STATE

Aldatov R. Kh., Trufanov G. E., Fokin V. A.

Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Aldatov Ruslan Kh.,
Almazov National Medical Research Centre,
Akkuratova str. 2, Saint Petersburg, Russia,
197341.
E-mail: ru-ald@mail.ru

Received 12 February 2019; accepted
15 April 2019.

Abstract

Over the past decade, there has been a significant improvement in neuroimaging techniques to improve the early diagnosis of acute stroke. Computed tomography and magnetic resonance imaging are often used in intracerebral hemorrhage or to evaluate contraindications to thrombolysis, to detect the localization of the ischemic area and to estimate the time of stroke. With the availability of fast and advanced imaging techniques, there is a growing interest in their application to predict success and eliminate the risks of specific therapy.

This review examines the existing methods of neuroimaging in acute strokes. To interpret the results of neuroimaging, it is important to know the clinical picture. In addition, the time factor, from the onset of stroke to collateral blood supply, should be incorporated into existing imaging-based therapeutic strategies.

Key words: ischemic stroke, computed tomography, magnetic resonance imaging, cerebral arteries, recanalization, thrombolysis.

For citation: Aldatov RKh, Trufanov GE, Fokin VA. Neuroimaging of Acute Ischemic Stroke: Current State. Translyatsionnaya meditsina=Translational Medicine. 2019; 6(2):12-17. (In Russ.)

Список сокращений: ДВИ — диффузионно-взвешенные изображения; КТ — компьютерная томография; МРТ — магнитно-резонансная томография; CBF — cerebral blood flow; CBV — cerebral blood volume; FLAIR — fluid attenuated inversion recovery; МТТ — mean time to peak; ТТР — time to peak.

Современные методы нейровизуализации играют важную роль в быстрой оценке состояния головного мозга при ишемическом инсульте.

Визуализация области ишемии мозга (зоны «ядра» и в том числе зоны ишемической полутени), оценка ее величины и локализации, исключение внутримозгового кровоизлияния, выявление окклюзии мозговой артерии, протяженность тромба, время от момента появления неврологических проявлений определяют выбор метода лечения в остром периоде ишемического инсульта [1].

Целью данного обзора является изучение возможностей компьютерной и магнитно-резонансной томографии в диагностике ишемических инсультов, определение их роли в постановке диагноза и выборе правильной тактики лечения. Раскрыть клиническое значение современных методов лучевой диагностики (КТ, МРТ) в комплексном обследовании больных с инфарктами головного мозга.

Компьютерная томография (КТ) при остром инсульте

Результаты нативной КТ, КТ-перфузии достаточны, чтобы выполнить тромболизис больным с острым инсультом, при исключении всех противопоказаний [1]. Клинические исследования (Объединенное европейское исследование острого инсульта) ECASS III — проведение системного тромболизиса с рекомбинантным активатором

плазминогена тканевого типа (rtPA) было одобрено в Европе до 4,5 часов от появления симптомов и является безопасным в течение этого временного периода [2, 3, 4, 5]. Существует обратная зависимость между временем от начала инсульта и успешной реканализацией с использованием тромболиза [6].

Нативная КТ головного мозга по-прежнему является первичным методом визуализации во многих сосудистых центрах. В дополнение к бесконтрастному КТ, КТ-ангиография (КТА) и КТ-перфузия становятся все более доступными для пациентов с инсультом [7]. Применение данной методики позволяет визуализировать артерии головы и шеи, охарактеризовать атеросклеротические бляшки, а также оценить проходимость сосудов [7, 8, 9]. Недостатком этой методики является большая доза облучения, но благодаря улучшению оборудования и возможности постпроцессорной обработки, появления интерактивных реконструкций нового поколения компьютерных томографов удалось снизить дозу облучения [10].

КТ-перфузия является методом функциональной визуализации, которая получает количественную оценку полученных данных на одном или нескольких срезах головного мозга, обнаруживает изменения показателя рентгеновской плотности единичных значениях Hounsfield в пикселе с течением времени, которые используются для получения параметров мозгового кровоснабжения, включая среднее время прохождения контрастного вещества по сосудистому руслу (MTT — Mean Transit Time); скорость мозгового кровотока (мл/100 г/мин) (CBF — Cerebral Blood Flow); объемный кровоток (мл/100 г) (CBV — Cerebral Blood Volume) и время достижения максимальной концентрации контрастного вещества (TTP — Time To Peak). По результатам исследования получают карты CBF, которые могут выявить местный инфаркт в объеме более 10 см³. Карты мозгового кровотока обладают большей чувствительностью, чем карты объема крови мозга (CBV), и более специфичны, чем карты времени до пика (TTP) [11]. Данные карт КТ-перфузии дают более точную информацию о повреждении вещества головного мозга при острейшем периоде ишемического инсульта, чем КТ без контрастного усиления. Оценка параметров церебрального кровотока, получаемых при КТ-перфузии — это оптимальный подход в определении участка гипоперфузии и зоны ишемической полутени [12, 13].

Некоторые исследователи считают, что информативность КТ-перфузии идентична с информативностью перфузионной МРТ, но при КТ-перфу-

зии постпроцессорная обработка сложнее, чем при МР-перфузии [13].

Другие исследователи отдают предпочтение КТ-перфузии перед МРТ из-за более быстрого проведения исследования, что важно при диагностике острого ишемического инсульта и удобно при обследовании тяжелых больных [14].

КТ-перфузия представляет собой многообещающую методику в диагностике зон перфузионного расстройства, так как позволяет определить зону гипоперфузии, количественно оценить церебральный кровоток и исход ишемического инсульта в зависимости от снижения мозгового кровотока в той или иной степени. Но трудности в диагностике инсультов в вертебробазилярном бассейне, лучевая нагрузка, использование йодсодержащих контрастных веществ ограничивают широкое применение данной методики.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) при остром инсульте

МРТ становится все более доступной в качестве альтернативы метода визуализации при остром инсульте, помимо стандартных импульсных последовательностей включает в себя: ангиографию (МРА), МР-диффузию и МР-перфузию.

Перфузия головного мозга — количество крови, прошедшее через вещество головного мозга за единицу времени (мл/100 г/мин). Методика основана на получении специальных карт с использованием быстрых импульсных последовательностей. При выполнении перфузионной МРТ оценивают основные параметры церебрального кровотока: CBV, CBF, MTT, TTP [15, 16].

По мнению одних исследователей, начальные изменения нарушения церебрального кровотока на МР-томограммах появляются уже в первые минуты от начала неврологической симптоматики. Другие исследователи утверждают, что первоначальные изменения можно выявить не ранее чем через 30–40 минут [17, 18].

Основные трудности, по данным ряда исследователей, при МР-перфузии связаны с диагностикой лакунарных и корковых инсультов [19, 20].

В 1990 году революцию в визуализации МРТ совершили диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) [21]. ДВИ более чувствительны при ишемическом поражении, чем КТ, и могут легко выявить даже небольшие ишемические изменения в течение первых нескольких минут/часов от начала заболевания [22, 23].

При МРТ также хорошо, как и при КТ, визуализируется острое внутричерепное кровоизлияние [22, 23, 24, 25]. Частота осложнений от тромбо-

лизиса при инсульте является низкой, однако без необходимости для пациента может быть опасной. У пациентов с неопределенной клинической картиной МРТ более предпочтительный метод визуализации. Другой проблемой являются инсульты, происходящие в течение ночи — «ночные инсульты» (wake-up stroke), или в других ситуациях, когда начало неизвестно: данная группа пациентов исключается от тромболизиса. Используя ДВИ и FLAIR, можно оценить время инсульта, то есть определить сколько прошло от начала заболевания (менее 3 часов или более 6 часов) [26, 27].

Таким образом, пациенты с «ночными инсультами», у которых визуализируется изменение МР-сигнала на ДВИ, но нет на FLAIR, находятся в пределах «терапевтического окна», где тромболизис может быть выполнен. Оба протокола проводятся в течение 5–10 минут. Поскольку инсульт происходит в ночное время у 25 % пациентов, эта тактика может значительно повысить приемлемость использования тромболизиса у пациентов с острым инсультом. Несмотря на эти преимущества МРТ, использование у больных с острым инсультом зачастую ограничено из-за требуемой неподвижности головы, трудностей в мониторинге пациентов с кардиостимуляторами, металлом в теле или клаустрофобией.

«Перфузионно-диффузионная разница»

Впервые описанная Аструпом в 1981 году ишемическая полутень является тканью, подверженной риску инфаркта вследствие уменьшения кровотока (15–40 мл/100 гр мозговой ткани/мин), гипоксии и потери функциональности, в этом участке сохранена структурная целостность и способность к восстановлению нейронов [27].

Понятие «разница» является попыткой определить область пенумбры путем визуализации с целью поиска ткани с гипоперфузией, но еще пригодной к реканализации, находящейся за терапевтическим окном, или для лечения пациентов эндоваскулярным способом. Первоначально он использовался в контексте МРТ-перфузии ДВИ для оценки МРТ в острейший период инсульта. Ядро ишемии — это область повреждения, где МРТ-перфузия и ДВИ накладываются друг на друга, указывая, что зона гипоперфузии в этой области прогрессировала до инфаркта, со временем с дальнейшей окклюзией сосудов ядро ишемии будет расти [28, 29].

По результатам некоторых исследований, было показано, что «перфузионно-диффузионная разница» может действительно помочь отобрать пациентов для безопасного тромболизиса с временем более 4,5 часа [30, 31, 32]. Данное понятие было

введено в более крупные клинические испытания, где пациенты были сгруппированы как имеющие разницу, когда поражение на МР-перфузии было на 20 % больше, чем ДВИ [33, 34, 35].

Исследования (DEFUSE, EPITHET, DIAS-2) хоть и показали благоприятный исход на тромболизисе «разницей», но не смогли доказать, что выбор для тромболизиса на основе «перфузионно-диффузионной разницы» выгоден [36, 37]. Результаты, вероятно, были под действием различий в постпроцессорной обработке перфузионных карт [38].

Ретроспективный анализ DEFUSE показал, что корреляция между поражениями МРТ-перфузии и конечным размером инфаркта зависит от порогового значения, применяемого к расчету перфузионных карт [39]. Однако повторный анализ совместных исследований DEFUSE-EPITHET показал, что не только технические аспекты приводят к неутешительным результатам в отношении интерпретации несоответствий. У пациентов между 3 и 6 часами от появления симптомов с несоответствием и с «неблагоприятным» исходом, определяемым как большое поражение (> 80 мл) ДВИ и МТТ (> 85 мл с $T_{\max} > 8$ секунд) на МРТ-перфузии, повышался риск возникновения кровотечения при реканализации [40].

Эти данные свидетельствуют о том, что стратегию реканализации следует проводить с осторожностью у больных на поздних этапах (> 3 часов) с точным указанием на МРТ «неблагоприятного» профиля. Исключение больных с «неблагоприятным» профилем и пациентов с или без «разницы» показало, что с перфузионно-диффузионной разницей лучше реагировали на реканализацию в рандомизированном испытании DEFUSE 2 [41].

Исследование DEFUSE 3, посвященное оценке безопасности и эффективности различных способов эндоваскулярного лечения, в сочетании со стандартным медикаментозным лечением в качестве альтернативы комплексной МРТ предлагается использовать КТ-перфузию вместе с КТ-ангиографией [42].

Заключение

Таким образом, по данным МР-перфузии и ДВИ в острейшей стадии ишемического инсульта можно прогнозировать исход и объем ишемического ядра и пенумбры, но какие показатели являются наиболее информативными — до конца неизвестно [43].

Реканализация может привести к клиническому улучшению в течение первых 3 часов после появления симптомов у пациентов с «неблагоприятным» исходом и с гипоперфузией, но положительный эффект может быть даже при более поздних

сроках. Данные отечественной литературы и результаты международных клинических исследований показывают, что комплексная МРТ головного мозга является серьезным методом для лучшей оценки предполагаемой оперативности от лечения тромболитической терапии при ишемическом инсульте. Предстоящие улучшения оснащенности медицинских учреждений МРТ, а также модернизация методов анализа результатов комплексной МРТ головного мозга повысят исход от лечения пациентов с церебральными инфарктами.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциально-го конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Best AC, Acosta NR, Fraser JE et al. Recognizing False Ischemic Penumbra in CT Brain Perfusion Studies. *Radiographics*. 2012;32(4):1179–1196.
2. Hacke W, Furlan AJ, Al-Rawi Y et al. Intravenous Desmoteplase in Patients with Acute Ischaemic Stroke Selected by MRI Perfusion-Diffusion Weighted Imaging or Perfusion CT (DIAS-2): A Prospective, Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Lancet Neurol*. 2009;8(2):141–150.
3. Ahmed N, Kellert L, Lees KR et al. Results of Intravenous Thrombolysis Within 4.5 to 6 Hours and Updated Results within 3 to 4.5 Hours of Onset of Acute Ischemic Stroke Recorded in the Safe Implementation of Treatment in Stroke International Stroke Thrombolysis Register (SITS-ISTR): An Observational Study. *JAMA Neurol*. 2013;70(7):837–844.
4. de Los Rios la Rosa F, Khoury J, Kissela BM et al. Eligibility for Intravenous Recombinant Tissue-Type Plasminogen Activator within a Population: The Effect of the European Cooperative Acute Stroke Study (ECASS) III Trial. *Stroke*. 2012;43(6):1591–1595.
5. Musuka TD, Wilton SB, Traboulsi M et al. Diagnosis and Management of Acute Ischemic Stroke: Speed is Critical. *CMAJ*. 2015;187(12):887–893.
6. Hacke W, Donnan G, Fieschi C et al. Association of Outcome with Early Stroke Treatment: Pooled Analysis of ATLANTIS, ECASS, and NINDS rt-PA Stroke Trials. *Lancet*. 2004;363(9411):768–774.
7. Ferrari J, Knoflach M, Seyfang L et al. Differences in Process Management and In-Hospital Delays in Treatment with iv Thrombolysis. *PLoS One*. 2013;8(9):e75378.
8. Mohan S, Agarwal M, Pukenas B. Computed Tomography Angiography of the Neurovascular Circulation. *Radiol Clin North Am*. 2016;54(1):147–162.
9. McVerry F, Liebeskind DS, Muir KW. Systematic Review of Methods for Assessing Leptomeningeal Collateral Flow. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2012;33(3):576–582.
10. Hochberg AR, Young GS. Cerebral Perfusion Imaging. *Semin Neurol*. 2012;32(4):454–465.
11. Xu S, Wang L, Zhao L. Clinical Application Value of Brain CT Perfusion Imaging in the Treatment of Acute Ischemic Stroke Thrombolytic Therapy. *Exp Ther Med*. 2019;17(5):3971–3976.
12. Campbell BC, Christensen S, Levi CR et al. Comparison of Computed Tomography Perfusion and Magnetic Resonance Imaging Perfusion-Diffusion Mismatch in Ischemic Stroke. *Stroke*. 2012;43(10):2648–2653.
13. Burton KR, Dhanoa D, Aviv RI et al. Perfusion CT for Selecting Patients with Acute Ischemic Stroke for Intravenous Thrombolytic Therapy. *Radiology*. 2015;274(1):103–114.
14. Michel P, Ntaios G, Reichhart M et al. Perfusion-CT Guided Intravenous Thrombolysis in Patients with Unknown-Onset Stroke: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Pilot Feasibility Trial. *Neuroradiology*. 2012;54(6):579–588.
15. Fedorov MA, Diomidova VN, Migushkina LP. The Role of Magnetic Resonance Imaging in Improving the Quality of Medical Care Patients with Ischemic Stroke. *Prakticheskaya medicina=Practical medicine*. 2015;6(91):115–118. In Russian [Федоров М. А., Диомидова В. Н., Мигушкина Л. П. Роль магнитно-резонансной томографии в повышении качества оказания медицинской помощи больным с ишемическим инсультом. *Практическая медицина*. 2015;6(91):115–118].
16. Meurée C, Maurel P, Ferré JC et al. Patch-Based Super-Resolution of Arterial Spin Labeling Magnetic Resonance Images. *Neuroimage*. 2019;189:85–94.
17. Hendrikse J, Petersen ET, Golay X. Vascular Disorders: Insights from Arterial Spin Labeling. *Neuroimaging Clin N Am*. 2012;22(2):259–269, x-xi.
18. Zaharchuk G. Arterial Spin Labeling for Acute Stroke: Practical Considerations. *Transl Stroke Res*. 2012;3(2):228–235.
19. Griebel M, Fischer E, Klabau M et al. Thrombolysis in Patients with Lacunar Stroke is Safe: An Observational Study. *J Neurol*. 2014;261(2):405–411.
20. Wintermark M, Sanelli PC, Albers GW et al. Imaging Recommendations for Acute Stroke and Transient Ischemic Attack Patients: A Joint Statement by the American Society of Neuroradiology, the American College of Radiology and the Society of NeuroInterventional Surgery. *J Am Coll Radiol*. 2013;10(11):828–832.
21. Fokin VA, Yanishevskii SN, Trufanov AG. MRI in the Diagnosis of Ischemic Stroke. Spb: ELBI-Spb. 2012. p. 96. In Russian [Фокин В. А., Янишевский С. Н., Труфанов А. Г. МРТ в диагностике ишемического инсульта. СПб.: ЭЛБИ-СПб. 2012. с. 96].
22. Moreau F, Asdaghi N, Modi J et al. Magnetic Resonance Imaging Versus Computed Tomography in Transient Ischemic Attack and Minor Stroke: The More You See the More You Know. *Cerebrovasc Dis Extra*. 2013;3(1):130–136.
23. Kidwell CS, Wintermark M, De Silva DA et al. Multiparametric MRI and CT Models of Infarct Core and Favorable Penumbra Imaging Patterns in Acute Ischemic Stroke. *Stroke*. 2013;44(1):73–79.
24. Förster A, Griebel M, Wolf ME et al. How to Identify Stroke Mimics in Patients Eligible for Intravenous Thrombolysis? *J Neurol*. 2012;259(7):1347–1353.
25. Madai VI, Wood CN, Galinovic I et al. Clinical-Radiological Parameters Improve the Prediction of the Thrombolysis Time Window by Both MRI Signal Intensities and DWI-FLAIR Mismatch. *Cerebrovasc Dis*. 2016;42(1–2):57–65.
26. Tong E, Hou Q, Fiebach JB et al. The Role of Imaging in Acute Ischemic Stroke. *Neurosurg Focus*. 2014;36(1):E3.

27. Kawano H, Hirano T, Nakajima M et al. Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging May Underestimate Acute Ischemic Lesions: Cautions on Neglecting a Computed Tomography-Diffusion-Weighted Imaging Discrepancy. *Stroke*. 2013;44(4):1056–1061.
28. Hirano T. Searching for Salvageable Brain: The Detection of Ischemic Penumbra Using Various Imaging Modalities? *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2014;23(5):795–798.
29. Stinear CM, Ward NS. How Useful is Imaging in Predicting Outcomes in Stroke Rehabilitation? *Int J Stroke*. 2013;8(1):33–37.
30. Campbell BC, Purushotham A, Christensen S et al. The Infarct Core is Well Represented by the Acute Diffusion Lesion: Sustained Reversal is Infrequent. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2012;32(1):50–56.
31. Maksimova MYu, Domashenko MA, Krotchenkova MV et al. Neuroimaging in the Evaluation of Indications for Thrombolysis. Proceedings National Congress “Emergency Conditions in Neurology”. 2009:114–115. In Russian [Максимова М. Ю., Домашенко М. А., Кротенкова М. В. и др. Нейровизуализация в оценке показаний для тромболиза. Труды Национального конгресса «Неотложные состояния в неврологии». 2009:114–115].
32. Kushwaha S, Malik S, Sarraf G et al. Thrombolysis in Recurrent Stroke-Beyond Guidelines: A Case Report. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2014;23(8):e407–e408.
33. Davis S, Donnan GA. Time is Penumbra: Imaging, Selection and Outcome. The Johann Jacob Wepfer Award 2014. *Cerebrovasc Dis*. 2014;38(1):59–72.
34. Deprez N, De Herdt V, Vandersteene J et al. Delayed Intravenous Thrombolysis Based on MRI Mismatch in Posterior Circulation Stroke. *Acta Neurol Belg*. 2014;114(2):113–115.
35. Tisserand M, Naggara O, Legrand L et al. Patient “Candidate” for Thrombolysis: MRI is Essential. *Diagn Interv Imaging*. 2014;95(12):1135–1144.
36. Albers GW, Thijs VN, Wechsler L et al. Magnetic Resonance Imaging Profiles Predict Clinical Response to Early Reperfusion: The Diffusion and Perfusion Imaging Evaluation for Understanding Stroke Evolution (DEFUSE) Study. *Ann Neurol*. 2006;60(5):508–517.
37. Davis SM, Donnan GA, Parsons MW et al. Effects of Alteplase Beyond 3 h After Stroke in the Echoplanar Imaging Thrombolytic Evaluation Trial (EPITHET): A Placebo-Controlled Randomised Trial. *Lancet Neurol*. 2008;7(4):299–309.
38. Dani KA, Thomas RG, Chappell FM et al. Computed Tomography and Magnetic Resonance Perfusion Imaging in Ischemic Stroke: Definitions and Thresholds. *Ann Neurol*. 2011;70(3):384–401.
39. Bivard A, Krishnamurthy V, Stanwell P et al. Arterial Spin Labeling Versus Bolus-Tracking Perfusion in Hyperacute Stroke. *Stroke*. 2014;45(1):127–133.
40. Mlynash M, Lansberg MG, De Silva DA et al. Refining the Definition of the Malignant Profile: Insights from the DEFUSE-EPITHET Pooled Data Set. *Stroke*. 2011;42(5):1270–1275.
41. Lansberg MG, Straka M, Kemp S et al. MRI Profile and Response to Endovascular Reperfusion After Stroke (DEFUSE 2): A Prospective Cohort Study. *Lancet Neurol*. 2012;11(10):860–867.
42. Albers GW, Marks MP, Kemp S et al. Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging. *N Engl J Med*. 2018;378(8):708–718.
43. Ginsberg MD. The Cerebral Collateral Circulation: Relevance to Pathophysiology and Treatment of Stroke. *Neuropharmacology*. 2018;134(Pt B):280–292.

Информация об авторах:

Алдатов Руслан Хаджимуссаевич, аспирант кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Труфанов Геннадий Евгеньевич, д.м.н., профессор, заведующий научно-исследовательским отделом лучевой диагностики, заведующий кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Фокин Владимир Александрович, д.м.н., профессор, заведующий отделом лучевой диагностики ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

Author information:

Aldatov Ruslan Kh., Postgraduate Student of the Department of Radiology and Medical Imaging, Almazov National Medical Research Centre;

Trufanov Gennady E., MD, PhD, Dr. Sc., Professor, Head of the Research Department of Radiology, Head of the Department of Radiology and Medical Imaging, Almazov National Medical Research Centre;

Fokin Vladimir A., MD, PhD, Dr. Sc., Professor, Head of Radiology Department, Almazov National Medical Research Centre.