

УДК 615.849.1

14.01.11 Нервные болезни 14.01.13 Лучевая диагностика, лучевая терапия

DOI: 10.37903/vsgma.2021.2.6

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА РАННЕЙ СТАДИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ© Чухонцева Е.С.¹, Морозова Т.Г.^{1,2}, Борсуков А.В.²¹ОГБУЗ «Клиническая больница №1», Россия, 214006, Смоленск, ул. Фрунзе, 40²Смоленский государственный медицинский университет, Россия, 214019, Смоленск, ул. Крупской, 28*Резюме*

Цель. Показать возможности магнитно-резонансной диагностики хронической ишемии головного мозга ранней стадии с использованием транскраниальной электростимуляции с обратной связью.

Методика. Пациентам с хронической ишемией головного мозга ранней стадии (ХИМ РС) в возрасте от 38 до 76 лет проводились анализ жалоб, анамнеза, магнитно-резонансная томография головного мозга с использованием ASL-перфузии (Arterial spin label – артериальная спиновая маркировка) и транскраниальная электростимуляция с обратной связью (ТЭС).

Результаты. Пациенты предъявляли жалобы, характерные для ХИМ РС. При оценке МРТ головного мозга по критериям STRIVE (Standarts for Reporting Vascular Changes on Neuroimaging) у 100% испытуемых не выявлены микрокровоизлияния и недавние лакунарные инфаркты. Абсолютные значения скорости церебрального кровотока (CBF) в покое до ТЭС $52 \pm 3,6$ мл/100г/мин. После электростимуляции методом ТЭТОС на повторной МРТ наблюдается статистически достоверное увеличение скорости церебрального кровотока в зонах интереса.

Заключение. Для пациентов с ХИМ РС не характерно наличие всех МР-признаков ХИМ по критериям STRIVE. Выявлено снижение скорости церебрального кровотока у данных пациентов. После воздействия ТЭС отмечается усиление кровотока в выбранных исследуемых зонах.

Ключевые слова: хроническая ишемия головного мозга, ASL-перфузия, транскраниальная электростимуляция с обратной связью, церебральная перфузия

MAGNETIC RESONANCE DIAGNOSIS OF EARLY-STAGE CHRONIC BRAIN ISCHEMIA USING TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATIONChukhontseva E.S.¹, Morozova T.G.^{1,2}, Borsukov A.V.²¹Clinical Hospital №1, 40, Frunze St., Smolensk, 214006, Russia²Smolensk State Medical University, 28, Krupskoj St., Smolensk, 214019, Russia*Abstract*

Objective. To show the possibilities of magnetic resonance diagnostics of early-stage chronic cerebral ischemia using transcranial electrical stimulation with monitoring.

Method. Patients with early-stage chronic cerebral ischemia (CCI) aged 38 to 76 years were subjected to the analysis of complaints, anamnesis, magnetic resonance imaging of the brain using ASL-perfusion (Arterial spin label) and transcranial electrical stimulation with monitoring (TES).

Results. The patients presented complaints typical of early-stage CCI. When evaluating the brain MRI according to the STRIVE (Standarts for Reporting Vascular Changes on Neuroimaging) criteria, 100% of the subjects did not have micro-hemorrhages and recent lacunar infarcts. Absolute values of the cerebral blood flow (CBF) at rest counted up to TES 52 ± 3.6 ml/100g/min. After electrostimulation by the TETOS method on repeated MRI, a statistically significant increase in the speed of cerebral blood flow in the selected areas of interest is observed.

Conclusion. Patients with early-stage CCI do not have all MR-signs of CCI according to the STRIVE criteria. A decrease in the rate of cerebral blood flow in these patients was revealed. There is an increase in blood flow in the selected study areas after exposure of TES.

Keywords: chronic cerebral ischemia, ASL-perfusion, transcranial electrical stimulation with monitoring, cerebral perfusion

Введение

Хроническая цереброваскулярная патология в частности хроническая ишемия головного мозга (ХИМ) является частой нозологией в практике врача общей практики, терапевта, невролога и врача лучевой диагностики [7]. ХИМ, поражая людей старшего трудоспособного возраста представляет тяжелую социально-экономическую нагрузку на общество [1]. Ввиду снижения когнитивных функций, вплоть до сосудистой деменции, доказана более частая госпитализация и инвалидизация этих пациентов [2, 7]. Немаловажен тот факт, что 50-60% пациентов уже на ранней стадии ХИМ имеют психиатрический диагноз, а именно: органическое расстройство личности, органическое астеническое и тревожное расстройство и др. [2].

В настоящее время диагностический алгоритм хронических цереброваскулярных заболеваний включает лабораторные методы обследования (общий анализ крови, биохимический анализ крови, липидный профиль, коагулограмма) и инструментальные, такие как ультразвуковая доплерография брахиоцефальных артерий, магнитно-резонансная томография, при необходимости электроэнцефалография, осмотр специалистов – невролога, кардиолога, окулиста [8]. Данные методы позволяют поставить диагноз хронической ишемии мозга уже в развернутой стадии с наличием клиничко-морфологических изменений [7, 8].

Среди хронической цереброваскулярной патологии в настоящее время в мировой литературе выделяются следующие формы: гипертоническая церебральная микроангиопатия, амилоидная микроангиопатия, генетические формы болезни малых сосудов мозга, в частности ЦАДАСИЛ [3, 14]. Если генетически обусловленные варианты, пока что на научном уровне, научились определять с помощью лабораторно-генетических методов, то гипертоническую и амилоидную микроангиопатию диагностируют по-прежнему с помощью магнитно-резонансной томографии по морфологическим изменениям вещества головного мозга [3, 8]. Как правило стадию ХИМ возможно определить лишь после осмотра невролога и подробного нейропсихологического тестирования пациента [4, 7, 8], на которое у врача амбулаторного звена зачастую не хватает отведенного времени приема. А ранняя стадия ХИМ и вовсе часто остается незамеченной.

В настоящее время врачи кабинета МРТ для определения хронической ишемии головного мозга пользуются критериями STRIVE, разработанными в 2013 г. [14]. Они включают в себя лакунарные инфаркты, лакуны сосудистого происхождения, микрокровоизлияния, лейкоареоз, расширенные пространства Вирхова-Робина и атрофию головного мозга. Рекомендованными режимами для МР-визуализации ХИМ являются: T1, T2, T2* или SWI, FLAIR, ДВИ [3, 14]. Однако, все чаще как с целью академического интереса, так и в рутинную практику входят и другие режимы, такие как тензорная, функциональная МРТ, бесконтрастная ASL-перфузия [6, 10].

Следует отметить, что изучение перфузии мозга является важным достижением в изучении патогенеза и динамики хронических цереброваскулярных патологий [5]. Перфузионная МРТ подтвердила свои возможности по определению скорости церебрального кровотока наряду с позитронно-эмиссионной томографией [10, 13]. При том перфузионная МРТ без контраста (ASL-перфузия) имеет ряд преимуществ перед ПЭТ и другими перфузионными методиками: этот метод прост в исполнении, не требует введение контрастного вещества пациенту, что позволяет использовать его у людей с почечной недостаточностью, а также не несёт лучевой нагрузки [6].

Данная методика чувствительна к микроциркуляции и позволяет определить и оценить прохождение крови через ткань органа, используя преимущества магнитомаркированной крови как эндогенного индикатора. Маркером при ASL-перфузии выступают «меченые» спины артериальной крови, их «маркировка» (насыщение) производится с помощью специальных радиочастотных импульсов, изменяющих намагниченность крови в магистральных артериях [6, 13].

Транскраниальная электростимуляция головного мозга – перспективный метод воздействия на внутримозговые процессы путём наложения электродов на кожу головы. В настоящее время активно изучаются процессы, происходящие как в головном мозге, так и в кровеносной системе и других органах и системах под воздействием постоянного и переменного токов [9, 12]. В отечественной и мировой литературе описаны многие положительные эффекты от данной процедуры: обезболивающий, вазоактивный, стимулирующий речевые зоны и т.д. Несмотря на это, в источниках скудная информация об использовании ТЭС в диагностических процедурах. Разработанный сотрудниками ЗАО НПФ «БИОСС» (Россия, Москва) компьютерный диагностико-терапевтический комплекс транскраниальной электротерапии с обратной связью (ТЭТОС) позволяет использовать токи в виде различных импульсов, с разной силой и одновременно отслеживать функциональное состояние коры головного мозга через те же электроды [9]. Восемь независимых каналов биосигналов (полоса частот 0,5-90 Гц) генерируют импульсы и регистрируют биоэлектрическую активность головного мозга. Данная модификация создана для

мониторинга лечения, а также сведение к минимуму риска возникновения побочных реакций. В данном исследовании представляет интерес использование при помощи ТЭТОС постоянного тока малой величины в магнитно-резонансной диагностике ХИМ.

Цель исследования – показать возможности магнитно-резонансной диагностики хронической ишемии мозга ранней стадии с использованием транскраниальной электростимуляции с обратной связью.

Методика

В исследовании приняло участие 44 человека (женщин – 54,5% (n=24), мужчин – 45,5% (n=20) в возрасте от 38 до 76 лет с хронической ишемией головного мозга ранней стадии (ХИМ РС). Данные пациенты находились на амбулаторном наблюдении у невролога по месту жительства. Более трех месяцев все участники испытывали симптомы, описанные пентадой Максудова [4]: нарушение памяти, снижение умственной работоспособности, периодические головокружения, сдавливающую «по типу обруча» головную боль, постоянный фоновый шум в голове. В том числе, пациентов периодически беспокоили астенические состояния, нервозность, повышенная плаксивость и неустойчивый фон настроения. Контрольная группа состояла из 16 условно здоровых в возрастном диапазоне от 37 до 70 лет. В соответствии с классификацией Европейского бюро ВОЗ 1963 г. пациенты основной и контрольной групп были ранжированы по возрасту на 3 группы: I группа (n=15) – среднего возраста (30-44 года), II группа (n=15) – зрелого (45-59 лет), III (n=14) – пожилого (60-74 года). У всех испытуемых доминантное полушарие – левое (правши).

Критериями исключения для всех участников исследования являлись: легочные и сердечные заболевания, сопровождающиеся дыхательной недостаточностью, черепно-мозговые травмы и острые нарушения мозгового кровообращения в анамнезе, эпилепсия, гемическая гипоксия, онко-анамнез, наличие металлических конструкций в теле, повреждение кожных покровов волосистой части головы.

Алгоритм исследования включал: анализ амбулаторных карт и анамнестических данных, магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга на МР-томографе 1,5 Т (Toshiba, Япония), транскраниальная электростимуляция головного мозга с обратной связью (ИПФ «БИОСС», Россия). МР-протокол включал следующие режимы: T1-взвешенные изображения (ВИ), T2-ВИ, диффузионные ВИ (DWI), FLAIR, T2*-ВИ и бесконтрастную ASL-перфузию.

На основании стандартных режимов МРТ оценивались 5 признаков цереброваскулярной патологии по критериям STRIVE (Standarts for Reporting Vascular Changes on Neuroimaging) [14]: лейкоареоз по шкале Fazekas, лакуны, недавние лакунарные инфаркты, расширенные периваскулярные пространства, микрокровоизлияния и атрофия головного мозга.

Транскраниальная электростимуляция с обратной связью проводилась после МРТ головного мозга постоянным током малой величины (0,3-0,5 мА) в течение 7 мин. всем пациентам. При помощи повторной ASL-перфузии после ТЭС оценивалось наличие или отсутствие изменений церебрального кровотока.

Статистический анализ осуществлялся с помощью пакета прикладных программ статистика 6.0. Статистические гипотезы проверялись при помощи непараметрического критерия Крускалла-Уолиса ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе амбулаторных карт и анамнестических данных были изучены основные симптомы ранней стадии хронической ишемии мозга в исследуемой выборке (табл. 1).

Исходя из данных таблицы можно заключить, что такие жалобы как снижение памяти, работоспособности и эмоциональная неустойчивость ревалентно одинаковы для всех возрастных групп. По данным осмотра невролога очаговой патологии в неврологическом статусе выявлено не было у 100% испытуемых. Согласно схеме исследования, вначале пациентам выполнялась контрольная МРТ головного мозга. В 100% случаев на DWI и T2* не выявлено острых нарушений мозгового кровообращения, в частности недавних лакунарных инфарктов и микрокровоизлияний.

Таблица 1. Характеристика основных симптомов у пациентов с ранней стадией хронической ишемии мозга

Жалобы	I группа – пациенты среднего возраста, n (%)	II группа – зрелого возраста, n (%)	III группа – пожилого возраста, n (%)
Снижение памяти	14(93,3%)	14(93,3%)	14(100%)
Головная боль	13(86,7%)	14(93,3%)	7(50%)
Головокружение	7(46,7%)	6(40%)	14(100%)
Шум в голове	5(33,3%)	10(66,7%)	14(100%)
Снижение работоспособности	15(100%)	15(100%)	14(100%)
Эмоциональная лабильность	15(100%)	15(100%)	14(100%)

В табл. 2 представлена характеристика изменения вещества головного мозга согласно критериям STRIVE.

Таблица 2. Изменения вещества головного мозга в исследуемых группах согласно критериям STRIVE

Изменения вещества головного мозга	I группа – пациенты среднего возраста, n (%)	II группа – зрелого возраста, n (%)	III группа – пожилого возраста, n (%)
Лакуны	0 (0%)	1 (6,7%)	1 (7,1%)
Недавние лакунарные инфаркты	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Лейкоареоз (Fazekas 0-III)	5 (33,3%)	5 (33,3%)	10 (71,4%)
Периваскулярные пространства (I-III тип)	3 (20%)	2 (13,3%)	5 (41,7%)
Микро кровоизлияния	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Атрофия	0 (0%)	0 (0%)	3 (21,4%)

Наблюдается четкая корреляция увеличения лейкоареоза и возраста пациента, а также расширения периваскулярных пространств ($p=0,01$). Атрофия головного мозга встречалась у 3 (21,4%) пациентов III группы. Подобные данные могут объясняться нормальными возрастзависимыми изменениями вещества головного мозга [3]. Несмотря на выраженность лейкоареоза, атрофии и расширенных периваскулярных пространств у пациентов пожилого возраста сохранены когнитивные функции в виду компенсаторных возможностей перфузионной церебральной системы, хорошей развитости ассоциативных волокон [1, 5].

При помощи ASL-перфузии получены абсолютные значения скорости мозгового кровотока (CBF) в покое, варьирующие в зависимости от выбранной зоны измерения в пределах $52\pm 3,6$ мл/100г/мин для первых двух групп и $50\pm 1,9$ мл/100г/мин для III группы. Измерения проводились при помощи ROI-анализа в следующих зонах: дорсолатеральная префронтальная кора (ДЛПФК), прецентральная кора (ПЦК), двигательная моторная кора (ДМК), поле Бродмана (ПБ), семиовальные центры (СЦ), (табл. 3).

Таблица 3. Скорость церебрального кровотока в мл/100г/мин в зонах интереса у пациентов с хронической ишемией головного мозга ранней стадии.

Зона интереса	CBF в I группе, мл/100г/мин	CBF во II группе, мл/100г/мин	CBF в III группе, мл/100г/мин
ДЛПФК справа	54,7 [49,6;56,7]	47,6 [44,3;49,7]	51,9 [44,3;57,5]
ДЛПФК слева	53,3 [50,2;55,5]	53,5 [52,1;54,6]	48,5 [45,4;50,3]
ПЦК справа	53,7 [47,3;53,9]	53,9 [47,3;45,5]	53,3 [51,2;54,5]
ПЦК слева	53,8 [48,4;54,9]	50,1 [47,9;54,0]	51,7 [47,7;53,0]
ДМК справа	50,7 [47,6;53,5]	49,3 [48,1;53,0]	48,3 [45,1;53,2]
ДМК слева	51,4 [48,6;55,1]	52,3 [48,5;54,6]	50,6 [46,5;53,6]
ПБ справа	50,8 [48,7;53,1]	53,5 [47,2;56,6]	49,8 [48,9;52,1]
ПБ слева	50,8 [47,6;54,0]	52,8 [49,3;55,8]	51,4 [46,3;53,2]
СЦ справа	52,7 [49,6;56,1]	51,3 [47,3;54,0]	47,8 [47,6;50,0]
СЦ слева	51,4 [48,6;57,3]	50,8 [48,6;52,2]	48,1 [46,1;52,3]

Примечание: CBF – cerebral blood flow /скорость церебрального кровотока, ДЛПФК – дорсолатеральная префронтальная кора, ПЦК – прецентральная кора, ДМК – двигательная моторная кора, ПБ – поле Бродмана, СЦ – семиовальные центры

Оценка CBF по выбранным зонам важна для изучения патофизиологической роли изменения церебрального кровотока в генезе когнитивных расстройств. В группе контроля скорость мозгового кровотока по заданным точкам была в пределах нормальных значений, средняя вариация составила $52,6 \pm 3,4$ мл/100г/мин по обоим полушариям головного мозга, что соответствует наиболее репрезентативным исследованиям по сопоставлению средних значений CBF для коры головного мозга при ASL-перфузии и ПЭТ: $54,1 \pm 10$ мл/100г/мин и $53,9 \pm 11$ мл/100г/мин соответственно [10, 13].

Согласно алгоритму исследования, далее испытуемые основной и контрольной групп подвергались транскраниальной электростимуляции методом ТЭТОС. Во время исследования каждый пациент в положении сидя находился в состоянии спокойного бодрствования (мышцы лица расслаблены, глаза закрыты). Предварительная запись биоэлектрической активности головного мозга с использованием функциональных проб показала отсутствие у 100% пациентов специфической пароксизмальной активности. Мощностная межполушарная асимметрия у всех пациентов обеих исследуемых групп ($n=60$) не превышала 30%. На основании этих данных проводилась электроимпульсная стимуляция постоянным током по центрально-саггитальной схеме расположения электродов в течение 7 мин. Сила тока определялась порогом индивидуальной болевой чувствительности каждого пациента с учетом коэффициент адаптационных реакций [9]. Завершающим пунктом в исследовании было выполнение повторной ASL-перфузии после ТЭС с оценкой CBF по зонам интереса.

Согласно значениям, полученным по данным ASL-перфузии, после транскраниальной электростимуляции отмечается некоторое увеличение церебральной перфузии у 90,9% ($n=40$) пациентов с хронической ишемией мозга ($p=0,002$), независимо от возрастной группы ($p>0,05$), (рис.). У 9,1% ($n=4$) статистически значимых изменений скорости церебрального кровотока выявлено не было ($p>0,05$).

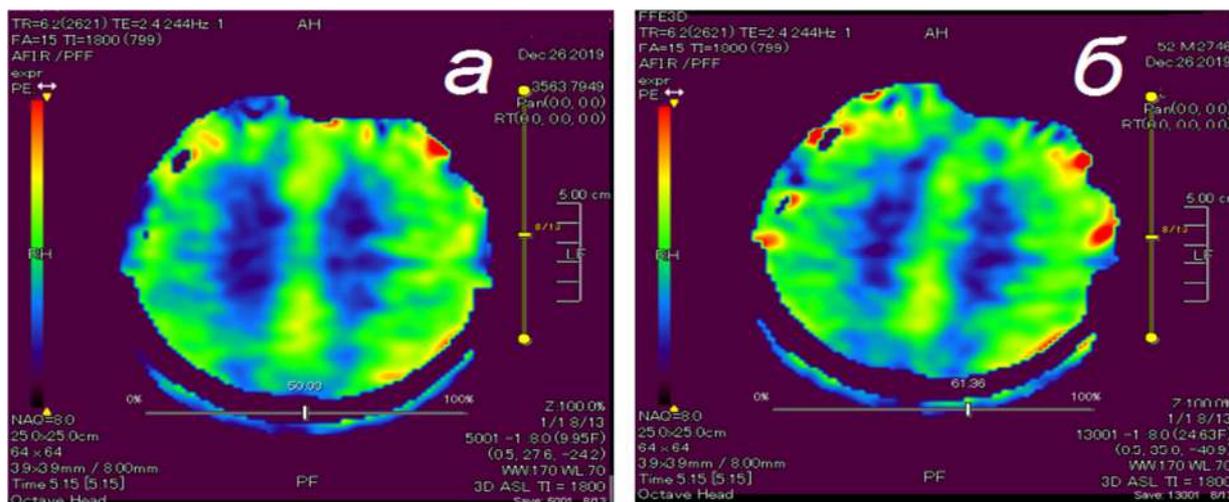


Рис. МРТ головного мозга в режиме ASL-перфузии у пациента с хронической ишемией мозга ранней стадии: *а* – до ТЭС; *б* – после ТЭС (МР-признаки усиления CBF в лобных долях обоих полушарий)

Максимальные изменения CBF отмечены для ДЛПФК, больше правой, которая является ведущим регулировщиком в выполнении когнитивных функций связанных с торможением нерелевантных стимулов [1]. Отмечено увеличение CBF в ДМК всех возрастных групп. В данной области серого вещества лобной доли формируется план и последовательность движений [11], что объясняет исследования по реабилитации движений после инсульта в данной области посредством транскраниальной электростимуляции [12]. В семиовальных центрах отчетливое увеличение церебральной перфузии было характерно только для I и II исследуемой группы.

Заключение

Для пациентов с хронической ишемией ранней стадии не характерно наличие всех критериев STRIVE при МР-томографии. Скорость церебрального кровотока для данных пациентов достоверно снижена в сравнении со здоровыми испытуемыми. Транскраниальная электростимуляция с обратной связью показывает компенсаторные возможности у пациентов с ХИМ РС в виде усиления кровотока в выбранных исследуемых зонах. Данный факт может служить объективным диагностическим паттерном в исследуемой нозологии и требует дальнейшего изучения и дифференциального сравнения в будущем.

Литература (references)

1. Добрынина Л.А., Гаджиева З.Ш., Морозова С.Н. Управляющие функции мозга: функциональная магнитно-резонансная томография с использованием теста Струпа и теста серийного счета про себя у здоровых добровольцев // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2018. – N11. – С. 64-71. [Dobry`nina L.A., Gadzhieva Z.Sh., Morozova S.N. *Zhurnal nevrologii i psixiatrii im. S.S. Korsakova*. Journal of Neurology and Psychiatry Ss Korsakov. – 2018. – N11. – P. 64-71. (in Russian)]
2. Казакова С.Е., Бондарь Р.Б. Современные воззрения на психические расстройства сосудистого генеза (обзор) // Украинский медицинский альманах. – 2008. – №5. – С. 213-218. [Kazakova S.E., Bondar' R.B. *Ukrainskij medicinskij al'manah*. Ukrainian Medical Almanac. – 2008. – N5. – P. 213-218. (in Ukraine)]
3. Кремнева Е.И., Суслин А.С., Кротенкова М.В. Как распознать возраст-зависимую церебральную микроангиопатию (болезнь мелких сосудов) на МРТ: алгоритм исследования // REJR – 2020. – Т.10, №4. – С. 186-206. [Kremneva E.I., Suslin A.S., Krotenkova M.V. *REJR*. REJR 2020. – V.10, N4. – P. 186-206. (in Russian)]
4. Максудов Г.А. Дисциркуляторная энцефалопатия. Сосудистые заболевания нервной системы. – М.: Медицина, 1975. – 211 с. [Maksudov G.A. *Discirkulyatornaya encefalopatiya. Sosudistye zabolevaniya nervnoj sistemy*. Dyscirculatory encephalopathy. Vascular diseases of the nervous system. – Moscow: Medicine, 1975. – 211 p. (in Russian)]
5. Сергеева А.Н., Коновалов Р.Н., Сергеев Д.В. Трансформация церебральной перфузии при стенозах внутренних сонных артерий после хирургической реваскуляризации // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. – 2008. – N3. – С. 30-37. [Sergeeva A.N., Konovalov R.N., Sergeev D.V. *Annaly` klinicheskoy i e`ksperimental`noy nevrologii*. Annals of Clinical and Experimental Neurology. – 2008. – N3. – P. 30-37. (in Russian)]
6. Сергеева А.Н., Селивёрстова Е.В., Добрынина Л.А. Импульсное спиновое маркирование артериальной крови (PASL) в получении перфузионных и функциональных данных: возможности метода // REJR – 2019. – Т.9, №1. – С. 148-159. [Sergeeva A.N., Seliv`erstova E.V., Dobry`nina L.A. *REJR*. REJR. – 2019. – V.9, N1. – P. 148-159. (in Russian)]
7. Шавловская О.А. В здоровом уме и твердой памяти // Non nocere, новый терапевтический журнал. – 2018. – №11. – С.39-43. [Shavlovskaya O.A. *Non nocere, novyj terapevticheskij zhurnal*. Non nocere, new therapeutic journal. 2018. – N11. – P. 39-43. (in Russian)]
8. Яхно Н.Н., Левин О.С., Дамулин И.В. Сопоставление клинических и МРТ-данных при дисциркуляторной энцефалопатии. Сообщение 2: когнитивные нарушения // Неврологический журнал – 2001. – Т.6, №3. – С. 10-19. [Yahno N.N., Levin O.S., Damulin I.V. *Nevrologicheskij zhurnal*. Neurological Journal. 2001. – V.6, N3. – P. 10-19. (in Russian)]
9. Электростимулятор транскраниальный компьютеризированный с обратной связью для оптимизации нейропсихологических характеристик «ТЭТОС»: руководство по эксплуатации. – М.: НПФ «БИОСС», 2006. – 16 с. [Elektrostimulyator transkranal'nyj komp'yuterizirovannyj s obratnoj svyaz'yu dlya optimizacii nejropsihologicheskij harakteristik «TETOS»: rukovodstvo po ekspluatacii. Transcranial computerized electrical stimulator with monitoring for optimization of neuropsychological characteristics "TETOS": operating manual. – Moscow: NPF «BIOSS», 2006. – 16 p. (in Russian)]
10. Kamano H., Yoshiura T., Hiwatashi A. et al. Arterial spin labeling in patients with chronic cerebral artery stenocclusive disease: correlation with (15)O-PET // Acta Radiology. – 2013. – N54. – P. 99-106.
11. Smith E.E., Beaudin A.E. New insights into cerebral small vessel disease and vascular cognitive impairment from MRI // Current Opinion in Neurology. – 2018. – V.31, N1. – P. 36-43.
12. Solomons C.D., Shanmugasundaram V. A review of transcranial electrical stimulation methods in stroke rehabilitation // Neurology India. – 2019. – N67. – P. 417-423.
13. Zhang K., Herzog H., Mauler J. et al. Comparison of cerebral blood flow acquired by simultaneous [15O] water positron emission tomography and arterial spin labeling magnetic resonance imaging // Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism. – 2014. – N34. – P. 1373-1380.

14. Wardlaw J.M., Smith E.E., Biessels G.J. et al. Neuroimaging standards for research into small vessel disease and its contribution to ageing and neurodegeneration // The Lancet Neurology. – 2013. – N12. – P. 822-838.

Информация об авторах

Чухонцева Екатерина Сергеевна – врач невролог ОГБУЗ «Клиническая больница №1». E-mail: chukhontsevae@mail.ru

Морозова Татьяна Геннадьевна – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

Борсуков Алексей Васильевич – профессор, доктор медицинских наук, директор проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: pnilsgmu@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.