

УДК 616.831-005.4-073.756.8

DOI 10.17802/2306-1278-2019-8-3-104-115

## ДИАГНОСТИКА ВЕНОЗНОГО ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА. ЧАСТЬ II (АЛГОРИТМЫ И СЕМИОТИКА ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ. ОГРАНИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ). ОБЗОР

С.Е. Семенов<sup>1</sup> ✉, Е.А. Юркевич<sup>1</sup>, И.В. Молдавская<sup>2</sup>, М.Г. Шатохина<sup>3</sup>, А.С. Семенов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002; <sup>2</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер имени академика Л. С. Барбараша», Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002; <sup>3</sup>Медицинский Институт им. Березина Сергея, ул. Чкалова 5а, Кемерово, Российская Федерация, 650099; <sup>4</sup>Радиологическая врачебная практика Вольфганга Теобальда, ул. Лотарингская, 31, Саарланд, Германия, 66740

### Основные положения

• Выполнен обзор современных алгоритмов диагностики венозного инсульта, рекомендуемых в отечественной и зарубежной литературе, как неврологического, так и радиологического характера. Критично рассмотрены все возможные методы и методики современной лучевой диагностики, семиотика венозного инсульта при их использовании. На основании актуальных регламентирующих отечественных и мировых рекомендаций рассмотрена оптимальная последовательность, сроки и вероятность применения той или иной методики с учетом их диагностической точности и эффективности.

### Резюме

Из-за редкости патологии инструментальная диагностика венозного инсульта при церебральном венозном синустромбозе не представляет собой хорошо отлаженный алгоритм неотложных действий команды неврологов и рентгенологов. Все применяемые методики, кроме компьютерной томографии (КТ) и ультразвуковой транскраниальной доплерографии, не являются обязательными в острый период инсульта и используются исследователями и клиницистами, как правило, интуитивно, в зависимости от уровня знакомства с данной патологией. Такой подход не делает диагностику венозного инсульта стабильным процессом и ведет к недооценке частоты этой патологии в общей статистике инсульта. Оптимальное использование методик нейровизуализации в рамках существующих стандартов помощи больным с инсультом, определение необходимого и достаточного набора диагностических процедур является в современных условиях организационно-методической проблемой, связанной с недостаточной освещенностью в литературе особенностей венозного ишемического инсульта. В статье представляются литературные данные по формированию алгоритмов диагностических мероприятий и вероятность обнаружения лучевых симптомов венозного инсульта на основании диагностической точности и эффективности таких методов как конвенциональная КТ и магнитно-резонансная томография (МРТ), КТ- и МР-ангиография, КТ- и МР-перфузия, ультразвуковая транскраниальная доплерография (ТКДГ) и сканирование брахиоцефальных сосудов (УЗДС) в рамках актуальных российских и зарубежных регламентирующих документов, а также нашего собственного опыта. Рассмотрены возможные ограничения применения этих методов и пути их преодоления, в том числе с использованием телерадиологии.

### Ключевые слова

Церебральный венозный тромбоз • Венозный инсульт • Транскраниальный доплер • Ультразвуковое исследование брахиоцефальных сосудов • КТ • МРТ • Ангиография • Перфузия • Телерадиология

Поступила в редакцию: 07.04.19; поступила после доработки: 16.05.19; принята к печати: 04.06.19

## DIAGNOSIS OF VENOUS ISCHEMIC STROKE. PART II (ALGORITHMS AND SEMIOLOGY OF DIAGNOSTIC RADIOLOGY. LIMITATIONS IN CLINICAL PRACTICE). A REVIEW

S.E. Semenov<sup>1</sup> ✉, E.A. Yurkevich<sup>1</sup>, I.V. Moldavskaia<sup>2</sup>, M.G. Shatokhina<sup>3</sup>, A.S. Semenov<sup>4</sup>

Для корреспонденции: Семенов Станислав Евгеньевич, e-mail: [dr\\_semenov\\_s@mail.ru](mailto:dr_semenov_s@mail.ru); адрес: 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновский бульвар, д. 6

Corresponding author: Semenov Stanislav E., e-mail: [dr\\_semenov\\_s@mail.ru](mailto:dr_semenov_s@mail.ru); address: Russian Federation, 650002, Kemerovo, 6, Sosnoviy Blvd.

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, 6, Sosnoviy Blvd, Kemerovo, Russian Federation, 650002; <sup>2</sup>Kemerovo State Budgetary Healthcare Institution “Kemerovo Regional Clinical Cardiology Dispensary n.a. academician L.S. Barbarash”, 6, Sosnovy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002; <sup>3</sup>Medical Institute named after Berezin Sergey, 5a, Chkalova, Kemerovo, Russian Federation, 650099; <sup>4</sup>Praxis Wolfgang Theobald Facharzt für Radiologie, 31, Lothringer Str., Saarlouis, Saarland, Germany, 66740

### Highlights

- A review of current neurological and radiological algorithms for the diagnosis of venous stroke recommended in the national and international medical literature has been presented. All existing methods and techniques in modern radiology as well as the semiology of venous stroke associated with their application are critically reviewed. The optimal sequence, timing, and reasons of applying a concrete technique from the standpoint of its diagnostic accuracy and effectiveness are discussed based on the recent national and international guidelines.

### Abstract

Venous stroke in cerebral venous sinus thrombosis is a rare pathological condition with uncertain diagnostic algorithm to ensure prompt treatment by neurologists and radiologists. All the methods are not obligatory in the workup of acute stroke, except computed tomography (CT) and transcranial Doppler. Researchers and clinicians are commonly guided by their own experiences. Therefore, the diagnosis of venous stroke is an unstable process resulting in its underestimation in the general stroke population. The optimal use of neuroimaging methods within the existing standards of care for patients with stroke, determination of the necessary and sufficient set of diagnostic procedures is an organizational and methodical problem. In addition, there is no complete description of venous ischemic stroke patterns in the medical literature. The article reviews existing evidence-based data on the diagnostic algorithms for venous stroke and discusses the probability of detecting radiologic symptoms based on the diagnostic accuracy and effectiveness of such methods as conventional CT and magnetic resonance imaging (MRI), CT and MR angiography, CT and MR perfusion, transcranial Doppler (TCD) and ultrasound of the brachiocephalic arteries stated in the national and international guidelines, as well as our own experience. Limitations of their use and options to overcome major drawbacks including the introduction of teleradiology are considered.

### Keywords

Cerebral venous thrombosis • Venous stroke • Transcranial Doppler • Ultrasound of brachiocephalic arteries • CT • MRI • Angiography • Perfusion • Teleradiology

*Received: 07.04.19; received in revised form: 16.05.19; accepted: 04.06.19*

### Список сокращений

КТ	– компьютерная томография	АНА/	– American Heart Association/American
МРТ	– магнитно-резонансная томография	ААА	– Stroke Association
ПАВС	– показатель артерио-венозного соотношения	АЛ	– arterial spin labeling
ПКТ	– перфузионная КТ	СВР	– cerebral blood flow
T2*	– градиентная последовательность на основе T2	СВМ	– cerebral blood volume
ТКДГ	– транскраниальная доплерография	ДВМ	– диффузионно-взвешенное изображение
УЗДС	– ультразвуковое дуплексное сканирование	НИСС	– оценочная шкала National Institutes of Health Stroke Scale
ЦВСТ	– церебральный венозный синустромбоз	Rankin	– шкала Рэнкина

### Актуальные рекомендуемые алгоритмы лучевой диагностики венозного инсульта.

Важность роли нейровизуализации в диагностике инсульта нельзя переоценить. Эта роль возрастает по мере развития диагностической техники и внедрения ее в клиническую практику. Если два десятилетия назад клиницистам не рекомендовалось основывать свое заключение о свершившемся инсульте на результатах нейровизуальных методов, то

сегодня базой для этого является клиническая картина, «а также наличие острого повреждения вещества головного мозга по данным нейровизуализации» [1]. Отмечается, что исходы инсульта сильно зависят в том числе от обнаружения инфаркта при нейровизуализации [2]. Все методики, применяемые для диагностики церебрального венозного тромбоза или церебрального венозного синустромбоза (ЦВСТ) и венозного инсульта кроме дуплексного сканирования

экстракраниальных брахиоцефальных сосудов, транскраниального дуплексного сканирования (с допустимой частотой выполнения 100%), конвенциональной компьютерной томографии (КТ) (с частотой выполнения 90–100%) не входят в список обязательных мероприятий в острый период инсульта (Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи больным с острыми нарушениями мозгового кровообращения. Приказ Минздрава России от 15.11.2012 №928н. Зарегистрировано в Минюсте России 27.02.2013 №27353) и используются исследователями и клиницистами, как правило, интуитивно, в зависимости от знакомства с данной патологией и заинтересованности. Вероятность выполнения магнитно-резонансной томографии (МРТ) в остром периоде церебральной ишемии – 10%, КТ-ангиографии и КТ-перфузии – 30% (Стандарт специализированной медицинской помощи при инфаркте мозга №1740н от 29.12.2012. Зарегистрировано в Минюсте России 04.04.2013 №27985). Но если в диагностике инсульта, неуточненного как кровоизлияние или инфаркт, вероятность выполнения КТ-ангиографии допускается в 100%, то перфузионное исследование при этом не предусмотрено (Стандарт скорой медицинской помощи при инсульте №1692н от 29.12.2012. Зарегистрировано в Минюсте России 04.04.2013 №27985). Наибольшие шансы диагностики венозного инсульта предоставляет использование стандарта медицинской помощи при транзиторной ишемической атаке, по которому, наряду с нативной КТ, КТ-перфузия может быть выполнена в 100% случаев, а КТ-ангиография в 30%. Однако выполнение МРТ, которая более чувствительна в отношении очаговых изменений, по этому стандарту не предполагается (Стандарт специализированной медицинской помощи при транзиторной ишемической атаке №1693н от 29.12.2012. Зарегистрировано в Минюсте РФ 4 апреля 2013 г. Регистрационный № 27985). Такой подход не делает диагностику венозного инсульта стабильным процессом и ведет к недооценке частоты этой патологии в общей статистике инсульта. Оптимальное использование методик нейровизуализации в рамках существующих стандартов помощи больным с инсультом, определение необходимого и достаточного набора диагностических процедур является в современных условиях организационно-методической проблемой, связано с недостаточной освещенностью в литературе особенностей венозного ишемического инсульта.

Рекомендуемый в отечественной литературе алгоритм при подозрении на ЦВСТ и развитии венозного инсульта на сегодняшний день таков:

- спиральная компьютерная томография – в первые 5 дней острого периода (желательно с контрастным усилением);
- МРТ после 5-го дня острого периода;

- МР-артериография, МР-венография или КТ-ангиография с болюсом и исследованием как артериальной, так и венозной фаз мозгового кровотока [3].

Рекомендации от American Heart Association/American Stroke Association (AHA/ASA), изданные в 2011 г. [4] сводятся к тому, что при подозрении на церебральный венозный тромбоз следует начинать лучевую диагностику стандартно с нативной КТ, выявление каких-либо отклонений от нормы при этом ожидается лишь в 30% случаев. Нейровизуализация продолжается применением МРТ, включая градиентные последовательности T2\*, SWI, SWAN (Класс, Class IIa; Уровень доказательности, Level of Evidence B), и только потом при обнаружении очагов в головном мозге и признаков изменения сигнала в проекции синусов или вен, а также при негативном результате исследование рекомендуется расширить выполнением КТ- или МР-венографии (Класс I; Уровень доказательности C), особенно у пациентов с имевшимися ранее ЦВСТ (Класс I; Уровень доказательности C). Отмечается, что в некоторых случаях адекватная визуализация и диагностика ЦВСТ, особенно корковых вен и глубоких венозных структур, возможна только выполнением рентгеноконтрастной церебральной ангиографии (Класс IIa; Уровень доказательности C).

Последнее руководство 2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke (AHA/ASA) настоятельно рекомендует включение в команду по оказанию помощи при инсульте радиолога (Класс I; Уровень доказательности A), отмечается также на основании данных исследования PRACTISE (Penumbra and Recanalisation Acute Computed Tomography in Ischemic Stroke Evaluation), что благодаря использованию мультипараметрической томографической диагностики частота выполнения внутривенного тромболитика выросла с 12,2% до 13,1% при увеличении частоты КТ-ангиографии с 3,8% до 9,1%, а при увеличении частоты выполнения перфузионной КТ с 0,05% до 2,9% доля пациентов, подвергнутых тромболитису увеличилась до 17,6% [2].

#### **Методы лучевой диагностики и основные семиотические признаки венозного инсульта.**

План диагностических мероприятий и вероятность обнаружения симптомов венозного инсульта на основании результатов определения диагностической точности тех или иных методик в отношении семиотических признаков в различных исследованиях, позиции регламентирующих документов, а также нашего собственного опыта представляется на сегодняшний день следующим образом:

- **Рутинная КТ головного мозга** обязательно и немедленно выполняется при поступлении в стационар. Нативная бесконтрастная КТ головы в сочетании

с клиническим осмотром давно признана [5] и остается основным и лидирующим методом и международным стандартом диагностики острого инсульта [2] с высокой степенью рекомендации к использованию и доказательностью (Класс I, уровень доказательности В, хотя нет рандомизированных данных). Если чувствительность КТ в отношении тромбозов внутричерепных синусов оценивается в целом, включая ангиографические методики достаточно высоко – от 80% [6] до 95% [7], то чувствительность рутинной нативной КТ в выявлении симптома гиподенсивного очага зоны ишемии в остром периоде значительно меньше и, по данным разных авторов, составляет от 37% до 60% [8–10], а обнаружение симптома гиперденсивности тромбированных вен и синусов происходит лишь в половине случаев ЦВСТ [11].

• **Транскраниальная доплерография (ТКДГ)** не является немедленной манипуляцией, выполняется в соответствии со стандартом. Допустимая частота выполнения ТКДГ в специализированном стационаре при подозрении на инсульт 100% (Стандарт специализированной медицинской помощи при инфаркте мозга №1740н от 29.12.2012. Зарегистрировано в Минюсте России 04.04.2013 №27985). При изучении церебральной гемодинамики ТКДГ является доступным и недорогим методом скрининга. Основными гемодинамическими признаками внутричерепной венозной гипертензии при ТКДГ считается повышение максимальной скорости и усиление псевдопульсации кровотока в церебральных венах и синусах: в венах Розенталя >15 см/с, вене Галена >20 см/с и прямом синусе >30 см/с [12, 13], а также снижение индекса цереброваскулярной реактивности (ИЦВР) <40%, повышение индекса периферического сопротивления >20% [14]. Однако диагностическая эффективность (чувствительность, специфичность, точность) транскраниальной доплерографии в выявлении признаков венозного застоя, по нашим данным, не очень высока – 63,7%; 63,7%; 65% соответственно [15], а также ограничена нередким отсутствием ультразвукового окна из-за высокой плотности костей черепа. Неинвазивные исследования интракраниальной сосудистой системы, к которым относятся и ТКДГ, по рекомендациям АНА/ASA 2018 [2], также как и КТ, считаются полезными в диагностике острого инсульта (Класс I, уровень доказательности А).

• **Ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) брахиоцефальных сосудов** не является немедленной манипуляцией, частично выполняется в соответствии со стандартом.

УЗДС в диагностике тромбоза брахиоцефальных вен чувствительно в 91% и специфично в 93% [16]. Эффективность в целом (чувствительность, специфичность, точность) оценена нами в 79%; 92,5% и 85% соответственно [17]. Допустимая ча-

стота выполнения УЗДС брахиоцефальных артерий в специализированном стационаре при инсульте 100% (Стандарт специализированной медицинской помощи при инфаркте мозга №1740н от 29.12.2012. Зарегистрировано в Минюсте России 04.04.2013 №27985). При подозрении на венозный инсульт рекомендуется [14] дополнить исследование визуализацией внутренних яремных вен, тромбоз которых может быть ограниченным или являться частью более распространенного поражения, что нередко является причиной венозного инсульта. УЗДС при этом позволяет не только визуализировать тромб, но и определить его локализацию по отношению к стенке сосуда, степень обструкции, скорость и объем кровотока. При тромбозе основных парных венозных коллекторов слева объемный кровоток внутренней яремной вены справа больше, чем слева, в среднем, на 84% (или в 6,3 раза), тогда как при тромбозе справа объемный кровоток внутренней яремной вены слева превышает таковой справа с асимметрией 60% (или в 2,5 раза) [15, 17].

Подсчет показателя артерио-венозного соотношения (ПАВС) с использованием данных скорости кровотока во внутренних яремных венах и общих сонных артериях является хорошим прогностическим критерием диагностики ишемического инсульта венозного генеза. Его эффективность ранее была доказана при хронической венозной энцефалопатии [18, 19]. Снижение ПАВС менее 60–67% рекомендуется расценивать как признак венозного застоя в головном мозге [18]. Нами предложено его применение и в остром периоде ишемического инсульта [14, 20]. У пациентов с венозным инсультом среднее значение ПАВС составляет только 40%, что на треть меньше нормы с пороговым значением в 50% и меньше чем при артериальном ишемическом инсульте, значения ПАВС при котором близки к норме [14, 21].

• **Магнитно-резонансная томография** может быть неотложной процедурой, выполняется в соответствии со стандартом в остром периоде инфаркта мозга обычно не более чем в 10% (Стандарт специализированной медицинской помощи при инфаркте мозга. №1740н от 29.12.2012. Зарегистрировано в Минюсте России 04.04.2013 №27985), хотя при ТИА допускается выполнение конвенциональной МРТ с вероятностью до 30%, а МР-ангиографии до 10% (Стандарт специализированной медицинской помощи при транзиторной ишемической атаке. №1693н от 29 декабря 2012 г. Зарегистрировано в Минюсте России 04.04.2013 №27985). По рекомендациям АНА/ASA 2018 МРТ (Класс III, уровень доказательности В, нет рандомизированных исследований) не рекомендована для рутинного использования. Конвенциональная МРТ в выявлении ЦВСТ отличается высокой вероятностью ложно-положительных заключений, благодаря очень неспецифичным

симптомам изменения сигнала в проекции синусов на T1 и T2 взвешенных изображениях, возникающим часто в результате низкого или вихревого потока и ложно-негативных заключений вследствие недооценки тех же симптомов. Однако комбинация ненормального сигнала от синуса на T1 и T2 взвешенных изображениях и соответствующее отсутствие потока при МР-венографии в большинстве случаев подтверждает диагноз тромбоза. Если до внедрения DWI (диффузионно-взвешенного изображения) эффективность (чувствительность, специфичность, точность) МРТ в диагностике венозного инсульта оценивалась лишь в 64%; 76,5%; 70,4%, соответственно [17], то применение DWI повысило диагностическую эффективность до 97,9% (чувствительность – 96,3%, специфичность – 100%), а комбинация диффузионного и перфузионного (DWI+PWI) протоколов повышает эффективность до 98,3% (чувствительность – 97,5%, специфичность – 100%) [22]. Тем не менее, даже высокую чувствительность DWI не считают идеальной [23]. DWI рекомендуется АНА/ASA 2018 [2] (Класс III, уровень доказательности В, нет рандомизированных исследований) при МРТ к выполнению в случаях негативного результата КТ при остром ишемическом инсульте, но не является оптимальным для всех пациентов из-за низкой экономической эффективности [24–26]. Инверсия сигнала на DWI и ADC в зоне вазогенного отека, более рано развивающегося при венозном инсульте, чем при артериальном, встречается в 2/3 случаев. Изменения МР-сигнала в ишемизированной зоне на T2ВИ и FLAIR (Fluid attenuation inversion recovery – последовательность инверсии-восстановления с длинным T1) последовательностях, развиваются обычно позже (от 6 часов до суток от начала заболевания) и не играют уже решающей роли в дифференциальной диагностике. Развитие диффузионных и перфузионных методик, способных уже в первые часы заболевания выявить специфичные симптомы, ведет к потере актуальности классификации венозной ишемии по МРТ [27], основанной на изменении сигнала на T2 взвешенных изображениях. Вызвать подозрение на венозный инсульт может также не типичная для артериального инсульта локализация очага (обычно вблизи тромбированного синуса или вены).

- **КТ- и МР-венография** являются неотложными верифицирующими методиками, допускаемыми стандартом в случаях подозрения на ЦВСТ по результатам конвенциональной КТ или МРТ. Диагностическая точность МР-ангиографии не оценивалась из-за того, что не выполнялись большие исследования с использованием прямой рентгеновской ангиографии, как референсного метода [4], но рядом экспертов применение магнитно-резонансная ангиография в диагностике ЦВСТ считается эквивалент-

ным КТ-ангиографии [28–30]. Отмечается [31], что МР-ангиография при обструкции брахиоцефальных вен более точна (99%), а также чувствительнее (96%) и специфичнее (100%) других методов исследования. Те же параметры при компьютерно-томографической ангиографии составили 90%, 71% и 98%, соответственно. В случаях, когда тромб, вызывающий обструкцию брахиоцефальных вен, расположен вне возможного доступа для УЗДС (под основанием черепа или за грудиной), МР- или КТ-ангиография являются методами выбора. Однако руководство АНА/ASA 2018 [2] относит КТ-ангиографию при подозрении на окклюзию крупного интракраниального сосуда к классу Па с уровнем доказательности В (рандомизированные исследования отсутствуют), а значит она не может считаться настоятельно рекомендуемой процедурой.

При выполнении бесконтрастной МР-венографии основным симптомом ЦВСТ и тромбоза вен шеи является отсутствие сигнала потока в их проекции. Однако тромботическая окклюзия основных парных церебральных венозных коллекторов при этом была верифицирована при КТ-венографии лишь в 58,2% случаев, а частичный тромбоз в 24%. Высокая отрицательная прогностическая значимость делает методику бесконтрастной МР-венографии хорошей скрининговой процедурой, по результатам которой при отсутствии симптома потери сигнала можно с уверенностью судить о проходимости сосудов. Обнаружение симптома потери сигнала при бесконтрастной МР-венографии является поводом для выполнения контрастных методик МР- или КТ-ангиографии. Симптомы стоп-контраста и дефекта наполнения в проекции тромбированных синусов при выполнении контрастных томоангиографических методик являются самыми надёжными критериями тромбоза. Значительное расширение коллатеральных вен – дополнительный характерный симптом окклюзии синусов [15].

- **КТ- и МР-перфузия** являются уточняющими методиками, проведение которых целесообразно только в острый период, но только КТ-перфузия (ПКТ) включена в стандарт диагностики в случаях ТИА. Чувствительность перфузионной КТ в диагностике ишемического инсульта в первые часы – 96%, а специфичность – 98% [32, 33]. Диагностическая точность детекции ишемических очагов в острейшем периоде инсульта при ПКТ выше, чем при нативной КТ [34]. Шансы дифференциации венозного характера инсульта предоставляет использование стандарта медицинской помощи при транзиторной ишемической атаке, по которому КТ-перфузия может быть выполнена в 100% случаев (Стандарт специализированной медицинской помощи при транзиторной ишемической атаке №1693н от 29.12.2012. Зарегистрировано в Минюсте РФ 4 апреля 2013 г. Регистрационный № 27985).

В наших исследованиях была получена корреляция между значениями rCBF в фокусе поражения при ПКТ и оценкой по шкале Rankin состояния пациентов ( $r = -0,52$ ;  $p < 0,05$ ), а также rCBV ( $r = -0,45$ ;  $p < 0,05$ ); взаимосвязь между оценкой по шкале NIHSS и значениями rCBF ( $r = -0,48$ ;  $p < 0,05$ ), а также rCBV ( $r = -0,52$ ;  $p < 0,05$ ). Достоверная отрицательная корреляция отмечалась между rCBV и оценкой состояния пациентов при выписке по шкале NIHSS ( $r = -0,42$ ;  $p < 0,05$ ). Вероятно это связано с тем, что шкала NIHSS включает градации выраженности очагового неврологического дефицита, который, в свою очередь, отражает степень нарушения перфузии в фокусе поражения [35].

Нельзя не учитывать ограничения в использовании контраста при МР- или КТ-перфузии. Введение контраста (на основе йода при ПКТ и гадолиния при перфузионной МРТ) сопровождается риском развития побочных реакций. В метаанализе, включившем 132 012 пациентов из 37 стран и 1600 центров отражены сведения о большой частоте побочных реакций на йодистые препараты (от 1,99% до 3,5%), которая находится в возрастной и гендерной зависимости [36]. Применение низко- и изоосмолярных контрастов снижает риск контраст-индуцированной нефропатии у больных с почечной недостаточностью [36]. Магнитно-резонансные контрастные средства вызывают значительно меньше острых побочных реакций. Так, на 456 930 введений контраста (158 439 – гадолиний и 298 491 – низкоосмолярный йодистый контраст) зарегистрировано всего 64 реакции на гадолиний против 458 случаев побочных эффектов на низкоосмолярные йодистые контрасты. Таким образом, МР-контрасты более безопасны [37]. Все больше исследований посвящено изучению возможностей бесконтрастной МР-перфузии (артериальной спин-меченой – arterial spin labeling – ASL), методики использующей магнитно-маркированную кровь в качестве эндогенного трассера для определения значений CBF. Изменение МР-сигнала, кодированного CBF, используется для обнаружения острого ишемического повреждения [38, 39]. Несмотря на то, что ASL может быть улучшено с использованием сканеров с высокой интенсивностью поля, общее SNR (signal/noise ratio - соотношение сигнал/шум), тем не менее, пока остается ограниченным [40]. Основные проблемы ASL – это чувствительность к артефактам движения у не всегда адекватных пациентов, что довольно нередко при остром инсульте, а также вероятные ошибки интерпретации изображений из-за возникновения артефактов транзитного кровотока в проекции крупных сосудов [41]. Крайне нечастое использование ASL по сравнению с контрастной ПМРТ и тем более с ПКТ могут отчасти объяснить также низкое соотношение SNR, нестабильность качества изображения и

относительную сложность процедуры [42, 43].

На практике применение перфузионных методик в ургентной диагностике инсульта нередко уменьшает число кандидатов для ТЛТ из-за детекции большей площади поражения [44]. По мнению экспертов [45], критический уровень перфузионно/диффузионного несоответствия оценивается в 20%, но в имеющихся рекомендациях и стандартах порог изменений перфузионных показателей – соотношение ядра некроза и ишемической полутени остается открытым. При венозном инсульте также имеет место перфузионно-диффузионное несоответствие. Но характер этого несоответствия иной, чем при артериальном инсульте. В ситуации, когда некроз формируется в центральной зоне поражения, изменения перфузии и диффузии при артериальном и венозном инсульте не отличаются. Если же повреждение в центральной и периферической зонах обратимые, то при венозном инсульте наблюдается умеренная гиперемия/гиперперфузия, тогда как артериальная пенумбра характеризуется как олигемия/гипоперфузия. А диффузионные последовательности МРТ помогают обнаружить на фоне цитотоксического отека, имеющего одинаковые черты как при артериальном, так и при венозном инсульте, ранние (в 1-е сутки) признаки вазогенного отека, отражающегося изоинтенсивным или гипоинтенсивным сигналом на DWI и гиперинтенсивным сигналом на картах ADC, что связано с анизотропическим (параллельно трактам) движением воды при вазогенном отеке. Для артериального инсульта развитие вазогенного отека принято ожидать обычно только к 5–7 суткам, но не в момент неотложной диагностики [46], и далеко не всегда. Исследования ESCAPE и REVASCAT вносят перфузионные методики в список процедур, выполнение которых лишь допустимо по истечении 4,5 часов, отведенных на экстренную ревазуляризацию, связанную с системной тромболитической терапией или эндоваскулярной тромбэкстракцией [47].

#### **Ограничения мультимодальности лучевой диагностики венозного инсульта в клинической практике и возможные способы их преодоления.**

Недостаточная оснащенность тяжелой диагностической техникой, к которой причисляют томографы, является основным ограничением для широкого применения перфузионных методик в клинике. Отсутствие программного обеспечения для реконструктивной постобработки сырых изображений для построения карт перфузии и отсутствие отдельной рабочей станции врача тоже отрицательно сказывается на вероятности выполнения ПКТ и перфузионной МРТ из-за их сложности. Использование для постобработки операторской консоли, на которой часто и установлено программное приложение, связано с временной остановкой работы

лаборанта и приема пациентов, что негативно влияет на работу подразделения в целом. Несоответствие количественных показателей карт перфузии, полученных с использованием оборудования разных производителей, связанное с различными алгоритмами постобработки [39], ведет к разбросу абсолютных значений МР- и КТ-перфузии [48], а возможность только полуколичественного анализа перфузионных параметров затрудняет внедрение методик перфузии в широкую клиническую практику. В этой связи игнорирование абсолютных значений со сравнительной оценкой различия показателей перфузии (в %) пораженной стороны и контралатерального полушария представляется наиболее подходящим [35, 38, 39, 49]. Финансовые затраты на контраст и расходный материал для болюсного введения контраста также ограничивает возможности практики.

Эти ограничения ведут к тому, что даже если перфузионные методики и выполняются, часто заключения по результатам исследования носят только интуитивный характер, но не основаны на цифровых значениях временных и скоростных характеристик перфузии. Отсутствие определенности в заключении рентгенолога ведет, в свою очередь, к ощущению эмпиричности, но не взвешенности результатов диагностической процедуры. И, как следствие, клиницисты не находят целесообразности в назначении перфузионных методик, а рентгенологи не получают необходимого для развития клинического применения опыта.

Учитывая, что нейровизуализация и сегодня уже вышла на первое место в диагностике инсульта после клинической оценки, постоянно развивается, вносит все новые возможности в определении состояния мозговой гемодинамики, но формально рекомендуется лишь в объеме рутинной КТ, поиск оптимального набора средств лучевой диагностики ишемического инсульта остается актуальным. Расширение стандартного протокола исследования, который на сегодняшний день включает только нативную КТ головы до выполнения перфузионных и диффузионных методик нейровизуализации, со временем может привести к выработке оптимальной парадигмы нейровизуализации венозного инсульта. Однако вполне вероятно, что вопрос диагностики именно венозного ишемического инсульта не будет разрешен окончательно, так как количество больных с венозным инсультом относительно количества пациентов с артериальным поражением невелико, а развитие техник нейровизуализации происходит постоянно, появляются более новые, не апробированные в клинике методики, как, например МР-методика артериального спинового мечения, при небольшом изменении параметров протоколов которых может меняться результат исследования и заключение по нему. Определенности в выборе алгоритма

использования лучевых методик для дифференциальной диагностики венозного и артериального инсульта не способствуют и рекомендации АНА/ASA 2018, не допускающие задержки принятия решения по возможной тромболитической терапии, что может возникнуть из-за использования мультимодальности (КТ/МРТ) в диагностическом процессе (Класс III, уровень доказательности В, рандомизированные исследования отсутствуют) [2].

Одним из наиболее вероятных способов преодоления ограничений диагностики венозного инсульта представляется сегодня широкое использование телерадиологии. В последние десятилетия в мире и в последние годы в России достаточно активно развивается телемедицина, являющаяся вспомогательным направлением медицины, основанном на применении современных коммуникационных технологий для оказания удаленной медицинской помощи, проведения консультаций, обучения специалистов медиков с помощью передачи информации между находящимися на большом расстоянии друг от друга медицинскими учреждениями, врачами и пациентами [50]. И как часть общего направления, телерадиология в России получила наибольшее развитие в диагностике ишемического инсульта. Обсуждение, консультирование диагностических изображений с более опытным консультантом, телесовещание (консилиум или симпозиум с участием нескольких или даже многих врачей одновременно) могут решить в большой степени проблему малой осведомленности радиологов в отношении редких заболеваний. Расширение объема исследования для пациентов с подозрением на венозный инсульт уже по результатам консультирования может иметь более высокий эффект. Телемедицинские технологии способны решить проблемы повышения качества и доступности медицинской помощи, и это наиболее ожидаемо в странах с большими территориями и большим количеством сельского населения, проживающего в местах, которые удалены от больниц, а также достаточно скромным бюджетом здравоохранения. К таким странам относится и Россия. Принципы внедрения телемедицины в России заложены приказом Минздравсоцразвития России от 28.04.2011 №364 «Об утверждении Концепции создания ЕГИСЗ» и продолжают получать свое развитие (Постановление Правительства РФ от 12 апреля 2018 г. №447 «Об утверждении Правил взаимодействия иных информационных систем, предназначенных для сбора, хранения, обработки и предоставления информации, касающейся деятельности медицинских организаций и предоставляемых ими услуг, с информационными системами в сфере здравоохранения и медицинскими организациями»). Порядок организации обмена электронными медицинскими документами, дистанционного взаимодействия медицинских работников между собой и многое другое определены

Приказом Минздрава России от 30 ноября 2017 г. №965н и Приказом Минздрава России от 9 января 2018 г. №2н. Большой потенциал телемедицины заложен в ее образовательной функции. Лекции и семинары, которые проводятся дистанционно с помощью Интернета для врачей-практиков с участием ведущих ученых и специалистов национального и международного уровня помогают восполнить пробелы знаний.

В руководстве АНА/ASA 2018 г. «telestroke network» рекомендуется в наивысшей степени (Класс рекомендации (CoR) – I, уровень доказательности (LoE) – A) для быстрой интерпретации изображений и принятия решения о выполнении тромболитической терапии. Органам здравоохранения рекомендуется поддержание системы телемедицины/телерадиологии (CoR – IIa, LoE – C-EO – уровень мнения экспертов) вследствие достаточ-

но высокой корректности и эффективности для принятия решения о тромболитической терапии с покрытием 24 часа / 7 дней в неделю (CoR – IIa, LoE – B-R – доказана эффективность на основании рандомизированных исследований).

### Конфликт интересов

С.Е. Семенов заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.А. Юркевич заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.В. Молдавская заявляет об отсутствии конфликта интересов. М.Г. Шатохина заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.С. Семенов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

### Информация об авторах

*Семенов Станислав Евгеньевич*, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рентгеновской и томографической диагностики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

*Юркевич Елена Александровна*, младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

*Молдавская Ирина Валерьевна*, кандидат медицинских наук, врач-невролог, заведующая отделением неврологии Государственного бюджетного учреждения здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер им. акад. Л.С. Барбараша», Кемерово, Российская Федерация;

*Шатохина Мария Геннадьевна*, кандидат медицинских наук, заведующая отделением МРТ Медицинского Института им. Березина Сергея, Кемерово, Российская Федерация;

*Семенов Александр Станиславович*, радиолог в Радиологической врачебной практике Вольфганга Теобальда, Саарланд, Германия.

### Вклад авторов в статью

*CCE* – существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*MIV* – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*ЮЕА* – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*ШМГ* – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

### Author Information Form

*Semenov Stanislav E.*, PhD, leading researcher at the Laboratory for Radiology and Tomography Diagnosis, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

*Yurkevich Elena A.*, assistant researcher, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

*Moldavskaya Irina V.*, PhD, neurologist and Head of the Neurology Department at the Kemerovo State Budgetary Healthcare Institution “Kemerovo Regional Clinical Cardiology Dispensary n.a. academician L.S. Barbarash”, Kemerovo, Russian Federation;

*Shatokhina Marya G.*, PhD, Head of the MRI Department at the Medical Institute named after Berezin Sergey, Kemerovo, Russian Federation;

*Semenov Aleksandr S.*, radiologist at the Praxis Wolfgang Theobald Facharzt für Radiologie, Saarlouis, Saarland, Germany.

### Author Contribution Statement

*SSE* – significant contribution to the concept and design of the study, data collection, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*MIV* – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*YuEA* – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*ShMG* – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*SAS* – получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

*SAS* – data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хеннерици М.Г., Богуславски Ж., Сакко Р.Л. Инсульт: клиническое руководство (пер. с англ.), ред. В.И. Скворцова. М.: МЕДпресс-информ, 2008.
2. Powers W.J., Rabinstein A. A., Ackerson T., Adeoye O. M., Bambakidis N.C., Becker K., Biller J., Brown M. et al.; on behalf of the American Heart Association Stroke Council. 2018 Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2018;49:e1–e34. doi:10.1161/STR.000000000000158.
3. Тибекина Л. М., Шумакова Т.А. Церебральные венозные нарушения: учебно-методическое пособие. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2016.
4. Saposnik, G., Barinagarrementeria F., Brown D., Bushnell C.D., Cucchiara B., Cushman M., deVeber G., Ferro J.M., Tsai F.Y.; American Heart Association Stroke Council and the Council on Epidemiology and Prevention. Diagnosis and management of cerebral venous thrombosis: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2011; 42:1158-1192. doi: 10.1161/STR.0b013e31820a8364.
5. Masdeu J. C., Irimia P., Asenbaum S., Bogousslavsky J., Brainin M., Chabriat H., Herholz K., Markus H.S., Martínez-Vila E., Niederkorn K., Schellinger P.D., Seitz R.J.; EFNS. EFNS guideline on neuroimaging in acute stroke. Report of an EFNS task force. *European Journal of Neurology*. 2006; 13 (12): 1271–1283. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2006.01507.x
6. Vymazal J. Rulseh A. M., Keller J., Janouskova L. Comparison of CT and MR imaging in ischemic stroke. *Insights Imaging*. 2012 Dec; 3(6): 619–627. doi: 10.1007/s13244-012-0185-9
7. Wetzel S. G., Kirsch E., Stock K. W., Kolbe M., Kaim A., Radue E.W. Cerebral veins: comparative study of CT venography with intraarterial digital subtraction angiography. *AJNR Am. J Neuroradiol*. 1999; 20: 249-255.
8. Bryan N. R., Levy L.M., Whitlow W.D., Killian J.M., Preziosi T.J., Rosario J.A. Diagnosis of acute cerebral infarction: comparison of CT and MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1991; 12(4): 611-620.
9. Wardlaw J. M., Dorman P.J., Lewis S.C. Can stroke physicians and neurologists identify signs of early cerebral infarction on CT? *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 1999; 67: 651-653.
10. Warwick J. H., Barber P.A., Hill M.D., Sevick R.J., Demchuk A.M., Hudon M.E., Hu W.Y., Buchan A.M. Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for assessing CT scans in patients with acute stroke. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2001; 22: 1534-1542.
11. Семенов С.Е. Молдавская И.В., Коваленко А.В., Хромов А.А., Хромова А.Н., Жучкова Е.А., Шатохина М.Г. Оценка рутинных топоморфометрических критериев мультиспиральной компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии в диагностике негеморрагического инсульта, вызванного церебральным венозным тромбозом. *Клиническая физиология кровообращения*. 2013; 3: 37-45.
12. Чечёткин А.О., Варакин Ю.Я., Кугоев А.И., Реброва О.Ю. Состояние церебрального венозного кровотока и ликворной системы мозга у больных артериальной гипертензией (по данным ультразвукового и компьютерно-томографического исследований). *Медицинская визуализация*. 2002; 2:11-18.
13. Лелюк В. Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. М., 2003.
14. Семенов С. Е., Шумилина М.В., Жучкова Е.А., Семенов А.С. Диагностика церебральной венозной ишемии. *Клиническая физиология кровообращения*. 2015; 2: 5-16.
15. Семенов С. Е. Неинвазивная лучевая диагностика обструктивных нарушений церебрального венозного кровообращения. Дисс. ... д-ра мед. наук. Томск; 2003
16. Couture E. J., Desjardins G., André Y. Transcranial Doppler monitoring guided by cranial two-dimensional ultrasonography. *Canadian Journal of Anesthesia*. 2017; 64 (8): 885–887. doi: 10.1007/s12630-017-0898-9
17. Semenov S. Why the Leftside Cerebral Veins Thrombosis is More Risky than the Rightside. *Rivista di Neuroradiologia*. 2003; 16: 853-858.
18. Шумилина М. В. Комплексная ультразвуковая диагностика патологии периферических сосудов: учебно-методическое руководство. Изд. 2-е, доп. М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2012.
19. Чельшева Л. В. Нарушения церебральной артериальной и венозной гемодинамики при артериальной гипертензии. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск; 2013.
20. Способ дифференциальной диагностики артериального и венозного инсультов: Жучкова Е. А., Семенов С. Е.; заявитель и патентообладатель НИИ КПССЗ. Патент РФ № 2606597.
21. Semenov A, Semenov S, Portnov Yu, Yurkevich E. Hyperaemia symptoms via MR-, CT-perfusion and ultrasound index of brachiocephalic arteriovenous ratio - criteria for arterial/venous ischemic stroke's differentiation. *Neurosurg*. 2017; 2:1. doi: 10.21767/2471-9633-C1-002
22. Труфанов Г. Е., В. А. Фокин В. А., Пьянов И.В., Банникова Е.А. Рентгеновская компьютерная и магнитно-резонансная томография в диагностике ишемического инсульта. СПб.: «ЭЛБИ-СПб»; 2005.
23. Schellinger P.D., Bryan R.N., Caplan L.A., Detre J.A., Edelman R.R., Jaigobin C., Kidwell C.S., Mohr J.P., Sloan M., Sorensen A.G., Warach S.; Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. Evidence-based guideline: The role of diffusion and perfusion MRI for the diagnosis of acute ischemic stroke. *Neurology*. 2010; 75(2) :177–185. doi: 10.1212/WNL.0b013e3181e7c9dd.
24. Chalela J.A., Kidwell C.S., Nentwich L.M., Luby M., Butman J.A., Demchuk A.M., Hill M.D., Patronas N., Latour L., Warach S. Magnetic resonance imaging and computed tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: a prospective comparison. *Lancet*. 2007; 369:293–298. doi: 10.1016/S0140-6736(07)60151-2.
25. Barber P.A., Hill M.D., Eliasziw M., Demchuk A.M., Pexman J.H., Hudon M.E., Tomanek A., Frayne R., Buchan A.M.; ASPECTS Study Group. Imaging of the brain in acute ischaemic stroke: comparison of computed tomography and magnetic resonance diffusion-weighted imaging. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005; 76:1528–1533. doi: 10.1136/jnnp.2004.059261.
26. Heidenreich J.O., Hsu D., Wang G., Jesberger J.A., Tarr R.W., Zaidat O.O., Sunshine J.L. Magnetic resonance imaging results can affect therapy decisions in hyperacute stroke care. *Acta Radiol*. 2008; 49:550–557. doi: 10.1080/02841850801958320.
27. Kawaguchi T., Kawano T., Kaneko Y., Ooasa T., Tsutsumi M., Ogasawara S. Classification of venous ischemia with MRI. *J. Clin. Neurosci*. 2001; 8 (Suppl. 1): 82-88. doi: 10.1054/jocn.2001.0884
28. Khandelwal N., Agarwal A., Kochhar R., Bapuraj J.R., Singh P., Prabhakar S., Suri S. Comparison of CT venography with MR venography in cerebral sinovenous thrombosis. *AJR Am J Roentgenol*. 2006; 187: 1637-1643. doi: 10.2214/AJR.05.1249

29. Rodalleg M. H., Krainik A, Feydy A., Hélias A., Colombani J.M., Jullès M.C., Marteau V., Zins M. Cerebral venous thrombosis and multidetector CT angiography: tips and tricks. *Radiographics*. 2006; 2 (suppl 1): S5-S18. doi: 10.1148/rg.26si065505
30. Linn J., Pfefferkorn T., K. Ivanicova K., Müller-Schunk S., Hartz S., Wiesmann M., Dichgans M., Brückmann H. Noncontrast CT in deep cerebral venous thrombosis and sinus thrombosis: comparison of its diagnostic value for both entities. *American journal of neuroradiology*. 2009; 30:728-735. doi: 10.3174/ajnr.A1451.
31. Dolz J. L., Huguet M., A. Capdevila A. MRA: A tool to diagnose thoracic outlet syndrome. *Imag. Europe*. 2000; Jul-Aug: 23-27.
32. Koenig M., Kraus M., Theek C., Klotz E., Gehlen W., Heuser L. Quantitative assessment of the ischemic brain by means of perfusion-related parameters derived from perfusion CT. *Stroke*. 2001; 32(2):431-437.
33. Wintermark M., Sesay M., E. Barbier E., Borbély K., Dillon W.P., Eastwood J.D. Comparative Overview of Brain Perfusion Imaging Techniques. *Stroke*. 2005; 36: 83-99. doi: 10.1161/01.STR.0000177884.72657.8b
34. Wintermark M., Albers G.W., Alexandrov A.V., J. R. Alger J.R., Bammer R., Baron J.C. et al. Acute stroke imaging research roadmap. *Stroke*. 2008; 39:1621-1628. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.512319.
35. Шатохина М. Г. Магнитно-резонансная и компьютерная томография в диагностике негеморрагического инсульта, вызванного церебральным венозным тромбозом. Дисс. ... канд. мед. наук. Томск; 2012.
36. Palkowitsch P. K., Bostelmann S., P. Lengsfeld P. Safety and tolerability of iopromide intravascular use: a pooled analysis of three non-interventional studies in 132,012 patients. *Acta Radiol*. 2014; 55(6):707-714. doi: 10.1177/0284185113504753.
37. Hunt C. H., Hartman R.P., G. K. Hesley G.K. Frequency and severity of adverse effects of iodinated and gadolinium contrast materials: retrospective review of 456930 doses. *Am J Roentgenol*. 2009; 193(4) :1124-1127. doi: 10.2214/AJR.09.2520.
38. Parkes L. M., Detre J.A. ASL: Blood Perfusion Measurements Using Arterial Spin Labelling. *Quantitative MRI of the brain: measuring changes caused by disease*. Tofts P. (Eds.). Chichester. England: John Wiley & Sons Ltd., 2003.
39. Semenov S. E., Moldavskaya I.V, Shatokhina M.G., Nekhorosheva A.N., Khromov A.A., Zhuchkova E., Kovalenko A.V., Barbarash L.S. CT and MRI patterns of focal hyperemia in venous insult. *Neuroradiology*. 2012; 54 (Suppl. 1): S176.
40. Essig M., Shiroishi M.S., Nguyen T.B., Saake M., Provenzale J.M., Enterline D., Anzalone N., Dörfler A., Rovira A., Wintermark M., Law M. Perfusion MRI: The Five Most Frequently Asked Technical Questions. *AJR Am J Roentgenol*. 2013; 200(1):24-34. doi: 10.2214/AJR.12.9543
41. Alsop D.C., Detre J.A., Golay X., Günther M., Hendrikse J., Hernandez-Garcia L. et al. Recommended implementation of arterial spin-labeled perfusion MRI for clinical applications: A consensus of the ISMRM perfusion study group and the European consortium for ASL in dementia. *Magn Reson Med*. 2015; 73(1): 102-16. doi: 10.1002/mrm.25197.
42. Petersen E. T., Zimine I., Ho Y.C., X. Golay X. Non-invasive measurement of perfusion: a critical review of arterial spin labelling techniques. *Br J Radiol*. 2006; 79:688-701.
43. Golay X., Guenther M. Arterial spin labelling: final steps to make it a clinical reality. *MAGMA*. 2012; 25:79-82. doi: 10.1007/s10334-012-0308-9.
44. Семенов С. Е. Портнов Ю.М., Хромов А.А., Нестеровский А.В., Хромова А.Н., Семенов А.С. Исследование перфузии при нарушениях церебрального кровообращения. Часть II (Частная КТ- и МР-семиотика, паттерны патологических изменений). *Обзор. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2017; 6(1):102-111. doi: http://dx.doi.org/10.17802/2306-1278-2017-1-102-111.
45. Hacke W., Albers G., Al-Rawi Y., Bogousslavsky J., Davalos A., Eliasziw M., Fischer M., Furlan A., Kaste M., Lees K.R., Soehngen M., Warach S.; DIAS Study Group. The Desmoteplase in Acute Ischemic Stroke Trial (DIAS): a phase II MRI-based 9-hour window acute stroke thrombolysis trial with intravenous desmoteplase. *Stroke*. 2005; 36: 66-73. doi: 10.1161/01.STR.0000149938.08731.2c
46. Лучевая диагностика и терапия заболеваний головы и шеи: национальное руководство / гл. ред. Т. Н. Трофимова. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2013.
47. Powers W. J., Derdeyn C.P., J. Biller J., Coffey C.S., Hoh B.L., Jauch E.C. et al. American heart association/American stroke association focused update of the 2013. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke regarding endovascular treatment. A guideline for healthcare professionals from the American heart association /American stroke association. *Stroke*. 2015; 46: 3024-3039. doi: 10.1161/STR.0000000000000074.
48. Громов А. И., Потеряйкин А.В., Кульберг Н.С., Ким С.Ю., Морозов С.П., Сергунова К.А., Усанов М.С. Проблема точности денситометрических показателей в современной многослойной компьютерной томографии. *Медицинская визуализация*. 2016; 6:133-142.
49. Kang K. M., Sohn C-H., Kim B.S., Kim Y.I., Choi S.H., Yun T.J., Kim J.H., Park S.W., Cheon G.J., Han M.H. Correlation of asymmetry indices measured by arterial spin-labeling MR imaging and SPECT in patients with crossed cerebellar diaschisis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2015; 36(9):1662-1668. DOI: https://doi.org/10.3174/ajnr.A4366.
50. Wootton R., Bonnardot L. Telemedicine in Low-Resource Settings. *Front Public Health*. 2015; 3: 3. doi: 10.3389/fpubh.2015.00003

## REFERENCES

1. Hennerici M. G., Bogousslavsky J., Sacco R.L. *Insult': klinicheskoe rukovodstvo (per. s angl.)*, red. V.I. Skvorcova. Moscow.: MEDpress-inform, 2008. (In Russian)
2. Powers W.J., Rabinstein A. A., Ackerson T., Adeoye O. M., Bambakidis N.C., Becker K., Biller J., Brown M. et al.; on behalf of the American Heart Association Stroke Council. 2018 Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2018;49:e1-e34. doi: 10.1161/STR.0000000000000158.
3. Tibekina L.M. SHumakova T.A. *Cerebral'nye venoznye narusheniya: uchebno-metodicheskoe posobie*. St. Petersburg: EHLBI-SPb, 2016. (In Russian)
4. Saposnik, G., Barinagarrementeria F., Brown D., Bushnell C.D., Cucchiara B., Cushman M., deVeber G., Ferro J.M., Tsai F.Y.; American Heart Association Stroke Council and the Council on Epidemiology and Prevention. *Diagnosis and management of cerebral venous thrombosis: A statement for healthcare professionals from the American heart association/ American stroke association*. *Stroke*. 2011; 42:1158-1192. doi: 10.1161/STR.0b013e31820a8364.
5. Masdeu J. C., Irimia P., Asenbaum S., Bogousslavsky J., Brainin M., Chabriat H., Herholz K., Markus H.S., Martínez-Vila E., Niederkorn K., Schellinger P.D., Seitz R.J.; EFNS. EFNS guideline on neuroimaging in acute stroke. Report of an EFNS task force. *European Journal of Neurology*. 2006; 13 (12): 1271-1283. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2006.01507.x
6. Vymazal J. Rulseh A. M., Keller J., Janouskova L. Comparison of CT and MR imaging in ischemic stroke. *Insights Imaging*. 2012 Dec; 3(6): 619-627. doi: 10.1007/s13244-012-0185-9
7. Wetzel S. G., Kirsch E., Stock K. W., Kolbe M., Kaim A., Radue E.W. Cerebral veins: comparative study of CT venography with intraarterial digital subtraction angiography.

AJNR Am. J Neuroradiol. 1999; 20: 249-255.

8. Bryan N. R., Levy L.M., Whitlow W.D., Killian J.M., Preziosi T.J., Rosario J.A. Diagnosis of acute cerebral infarction: comparison of CT and MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1991; 12(4): 611-620.

9. Wardlaw J. M., Dorman P.J., Lewis S.C. Can stroke physicians and neurologists identify signs of early cerebral infarction on CT? *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 1999; 67: 651-653.

10. Warwick J. H., Barber P.A., Hill M.D., Sevic R.J., Demchuk A.M., Hudon M.E., Hu W.Y., Buchan A.M. Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for assessing CT scans in patients with acute stroke. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2001; 22: 1534-1542.

11. Semenov S. E., Moldavskaya I.V., Kovalenko A.V., Khromov A.A., Khromova A.N., Zhuchkova E. A., Shatokhina M.G. Evaluation of routine topo-morphometric criteria of multispiral computed tomography and magnetic resonance imaging in the diagnosis of nonhemorrhagic stroke, caused by cerebral venous thrombosis. *Clinical Physiology of Circulation.* 2013; 3:37-45. (In Russian)

12. Chechetkin A.O., Varakin Yu. ya, Kugoev A.I., Rebrova O.Yu. State of Cerebral Venous Blood Flow and Liquor System of the Patients for Arterial Hypertension (Data of US and CT Investigations). *Medicinskaya vizualizaciya.* 2002; 2:11-18 (In Russian)

13. Lelyuk V. G., Lelyuk S.EH. Ul'trazvukovaya angiologiya. Moscow, 2003. (In Russian)

14. Semenov S. E., SHumilina M.V., ZHuchkova E.A., Semenov A.S. The diagnostics of cerebral venous ischemia. *Clinical Physiology of Circulation.* 2015; 2:5-16 (In Russian)

15. Semenov S. E. Neinvazivnaya luchevidnaya diagnostika obstruktivnykh narushenij cerebral'nogo venoznogo krovoobrashcheniya [dissertation]. Tomsk; 2003. (In Russian)

16. Couture E. J., Desjardins G., André Y. Transcranial Doppler monitoring guided by cranial two-dimensional ultrasonography. *Canadian Journal of Anesthesia.* 2017; 64 (8): 885-887. doi: 10.1007/s12630-017-0898-9

17. Semenov S. Why the Leftside Cerebral Veins Thrombosis is More Risky than the Rightside. *Rivista di Neuroradiologia.* 2003; 16: 853-858.

18. SHumilina M. V. Kompleksnaya ul'trazvukovaya diagnostika patologii perifericheskikh sosudov: uchebno-metodicheskoe rukovodstvo. 2 izd., dop. Moscow, 2012. (In Russian)

19. CHelysheva L. V. Narusheniya cerebral'noj arterial'noj i venoznoj gemodinamiki pri arterial'noj gipertenzii [dissertation]. Novosibirsk; 2013. (In Russian)

20. Sposob differencial'noj diagnostiki arterial'nogo i venoznogo insultov: ZHuchkova E. A., Semenov S. E.; zayavitel' i patentoobladatel' NII KPSSZ. Patent RU № 2606597. (In Russian)

21. Semenov A., Semenov S, Portnov Yu, Yurkevich E. Hyperaemia symptoms via MR-, CT-perfusion and ultrasound index of brachiocephalic arteriovenous ratio - criteria for arterial/venous ischemic stroke's differentiation. *Neurosurg.* 2017; 2:1. doi: 10.21767/2471-9633-C1-002

22. Trufanov G. E., V. A. Fokin V. A., P'yanov I.V., Bannikova E.A. Rentgenovskaya komp'yuternaya i magnitno-rezonansnaya tomografiya v diagnostike ishemičeskogo insulta. St. Petersburg: «EHLBI-SPb»; 2005. (In Russian)

23. Schellinger P.D., Bryan R.N., Caplan L.A., Detre J.A., Edelman R.R., Jaigobin C., Kidwell C.S., Mohr J.P., Sloan M., Sorensen A.G., Warach S.; Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. Evidence-based guideline: The role of diffusion and perfusion MRI for the diagnosis of acute ischemic stroke. *Neurology.* 2010; 75(2) :177-185. doi: 10.1212/WNL.0b013e3181e7c9dd.

24. Chalela J.A., Kidwell C.S., Nentwich L.M., Luby M., Butman J.A., Demchuk A.M., Hill M.D., Patronas N., Latour

L., Warach S. Magnetic resonance imaging and computed tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: a prospective comparison. *Lancet.* 2007; 369:293-298. doi: 10.1016/S0140-6736(07)60151-2.

25. Barber P.A., Hill M.D., Eliasziw M., Demchuk A.M., Pexman J.H., Hudon M.E., Tomanek A., Frayne R., Buchan A.M.; ASPECTS Study Group. Imaging of the brain in acute ischaemic stroke: comparison of computed tomography and magnetic resonance diffusion-weighted imaging. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2005; 76:1528-1533. doi: 10.1136/jnnp.2004.059261.

26. Heidenreich J.O., Hsu D., Wang G., Jesberger J.A., Tarr R.W., Zaidat O.O., Sunshine J.L. Magnetic resonance imaging results can affect therapy decisions in hyperacute stroke care. *Acta Radiol.* 2008; 49:550-557. doi: 10.1080/02841850801958320.

27. Kawaguchi T., Kawano T., Kaneko Y., Ooasa T., Tsutsumi M., Ogasawara S. Classification of venous ischemia with MRI. *J. Clin. Neurosci.* 2001; 8 (Suppl. 1): 82-88. doi: 10.1054/jocn.2001.0884

28. Khandelwal N., Agarwal A., Kochhar R., Bapuraj J.R., Singh P., Prabhakar S., Suri S. Comparison of CT venography with MR venography in cerebral sinovenous thrombosis. *AJR Am J Roentgenol.* 2006; 187: 1637-1643. doi: 10.2214/AJR.05.1249

29. Rodallec M. H., Krainik A, Feydy A., Hélias A., Colombani J.M., Jullès M.C., Marteau V., Zins M. Cerebral venous thrombosis and multidetector CT angiography: tips and tricks. *Radiographics.* 2006; 2 (suppl 1): S5-S18. doi: 10.1148/rg.26si065505

30. Linn J., Pfefferkorn T., K. Ivanicova K., Müller-Schunk S., Hartz S., Wiesmann M., Dichgans M., Brückmann H. Noncontrast CT in deep cerebral venous thrombosis and sinus thrombosis: comparison of its diagnostic value for both entities. *American journal of neuroradiology.* 2009; 30:728-735. doi: 10.3174/ajnr.A1451.

31. Dolz J. L., Huguet M., A. Capdevila A. MRA: A tool to diagnose thoracic outlet syndrome. *Imag. Europe.* 2000; Jul-Aug; 23-27.

32. Koenig M., Kraus M., Theek C., Klotz E., Gehlen W., Heuser L. Quantitative assessment of the ischemic brain by means of perfusion-related parameters derived from perfusion CT. *Stroke.* 2001; 32(2):431-437.

33. Wintermark M., Sesay M., E. Barbier E., Borbély K., Dillon W.P., Eastwood J.D. Comparative Overview of Brain Perfusion Imaging Techniques. *Stroke.* 2005; 36: 83-99. doi: 10.1161/01.STR.0000177884.72657.8b

34. Wintermark M., Albers G.W., Alexandrov A.V., J. R. Alger J.R., Bammer R., Baron J.C. et al. Acute stroke imaging research roadmap. *Stroke.* 2008; 39:1621-1628. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.512319.

35. SHatohina M. G. Magnitno-rezonansnaya i komp'yuternaya tomografiya v diagnostike negemorragicheskogo insulta, vyzvannogo cerebral'nym venoznym trombozom [dissertation]. Tomsk; 2012. (In Russian)

36. Palkowitsch P. K., Bostelmann S., P. Lengsfeld P. Safety and tolerability of iopromide intravascular use: a pooled analysis of three non-interventional studies in 132,012 patients. *Acta Radiol.* 2014; 55(6):707-714. doi: 10.1177/0284185113504753.

37. Hunt C. H., Hartman R.P., G. K. Hesley G.K. Frequency and severity of adverse effects of iodinated and gadolinium contrast materials: retrospective review of 456930 doses. *Am J Roentgenol.* 2009; 193(4) :1124-1127. doi: 10.2214/AJR.09.2520.

38. Parkes L. M., Detre J.A. ASL: Blood Perfusion Measurements Using Arterial Spin Labelling. *Quantitative MRI of the brain: measuring changes caused by disease.* Tofts P. (Eds.). Chichester. England: John Wiley & Sons Ltd., 2003.

39. Semenov S. E., Moldavskaya I.V., Shatokhina M.G., Nekhorosheva A.N., Khromov A.A., Zhuchkova E., Kovalenko A.V., Barbarash L.S. CT and MRI patterns of focal hyperemia in venous insult. *Neuroradiology.* 2012; 54 (Suppl. 1): S176.

40. Essig M., Shiroishi M.S., Nguyen T.B., Saake M., Provenzale J.M., Enterline D., Anzalone N., Dörfler A., Rovira A., Wintermark M., Law M. Perfusion MRI: The Five Most Frequently Asked Technical Questions. *AJR Am J Roentgenol.* 2013; 200(1):24-34. doi: 10.2214/AJR.12.9543
41. Alsop D.C., Detre J.A., Golay X., Günther M., Hendrikse J., Hernandez-Garcia L. et al. Recommended implementation of arterial spin-labeled perfusion MRI for clinical applications: A consensus of the ISMRM perfusion study group and the European consortium for ASL in dementia. *Magn Reson Med.* 2015; 73(1): 102-16. doi: 10.1002/mrm.25197.
42. Petersen E. T., Zimine I., Ho Y.C., X. Golay X. Non-invasive measurement of perfusion: a critical review of arterial spin labelling techniques. *Br J Radiol.* 2006; 79:688-701.
43. Golay X., Guenther M. Arterial spin labelling: final steps to make it a clinical reality. *MAGMA.* 2012; 25:79-82. doi: 10.1007/s10334-012-0308-9.
44. Semenov S. E., Khromov A. A., Portnov Y. M., Nesterovskiy A.V., Khromova A.N., Semenov A.S. The cerebral perfusion of circulation disturbances. Part II (CT- and MRI semiotics, patterns of pathological changes). Review. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2017; 6(1): 102-111. (In Russian)]. doi: <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2017-1-102-111>
45. Hacke W., Albers G., Al-Rawi Y., Bogousslavsky J., Davalos A., Eliasziw M., Fischer M., Furlan A., Kaste M., Lees K.R., Soehngen M., Warach S.; DIAS Study Group. The Desmoteplase in Acute Ischemic Stroke Trial (DIAS): a phase II MRI-based 9-hour window acute stroke thrombolysis trial with intravenous desmoteplase. *Stroke.* 2005; 36: 66-73. doi: 10.1161/01.STR.0000149938.08731.2c
46. Luchevaya diagnostika i terapiya zabollevanij golovy i shei: nacional'noe rukovodstvo / gl. red. T. N. Trofimova. Moscow: GEHOTAR-Media; 2013. (In Russian)
47. Powers W. J., Derdeyn C.P., J. Biller J., Coffey C.S., Hoh B.L., Jauch E.C. et al. American heart association/American stroke association focused update of the 2013. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke regarding endovascular treatment. A guideline for healthcare professionals from the American heart association /American stroke association. *Stroke.* 2015; 46: 3024-3039. doi: 10.1161/STR.0000000000000074.
48. Gromov A. I., Petraikin A. V., Kulberg N. S., Kim S. Y., Morozov S. P., Sergunova K. A., Usanov M. S. The Problem of X-Ray Attenuation Estimation Accuracy in Multislice Computed Tomography. *Medicinskaya vizualizaciya.* 2016; 6:133-142. (In Russian)
49. Kang K. M., Sohn C-H., Kim B.S., Kim Y.I., Choi S.H., Yun T.J., Kim J.H., Park S.W., Cheon G.J., Han M.H. Correlation of asymmetry indices measured by arterial spin-labeling MR imaging and SPECT in patients with crossed cerebellar diaschisis. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015; 36(9):1662-1668. DOI: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4366>.
50. Wootton R., Bonnardot L. Telemedicine in Low-Resource Settings. *Front Public Health.* 2015; 3: 3. doi: 10.3389/fpubh.2015.00003

**Для цитирования:** С.Е. Семенов, Е.А. Юркевич, И.В. Молдавская, М.Г. Шатохина, А.С. Семенов. Диагностика венозного ишемического инсульта. Часть II (алгоритмы и семиотика лучевой диагностики. Ограничения использования в клинической практике). Обзор. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2019; 8 (3): 104-115. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-3-104-115

**To cite:** S.E. Semenov, E.A. Yurkevich, I.V. Moldavskaja, M.G. Shatokhina, A.S. Semenov. Diagnosis of venous ischemic stroke. Part II (algorithms and semiology of diagnostic radiology. Limitations in clinical practice). A review. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2019; 8 (3): 104-115. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-3-104-115