

## ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПЕРФУЗИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ОККЛЮЗИРУЮЩЕМ ПОРАЖЕНИИ ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ

Вишнякова М.В. (мл)<sup>1</sup>, Пронин И.Н.<sup>2</sup>, Вишнякова М.В.<sup>1</sup>, Ларьков Р.Н.<sup>1</sup>

**Цель исследования.** Определить возможности перфузионной компьютерной томографии (ПКТ) в оценке мозгового кровотока у пациентов с хронической ишемией. Оценить целесообразность проведения ПКТ пациентам в зависимости от варианта поражения внутренних сонных артерий (ВСА).

**Материалы и методы.** В 2015-2016 гг. в отделении КТ и МРТ было обследовано 103 пациента перед реваскуляризацией сонных артерий. Пациентам проводились ультразвуковые методы исследования, компьютерная томографическая ангиография (КТА) брахиоцефальных артерий и сосудов головного мозга, перфузионная компьютерная томография (ПКТ). Было прооперировано 76 пациентов, на 5-6 сутки после операции выполнялось повторное исследование. В зависимости от поражения ВСА артерии были разделены три группы: с односторонним сужением ВСА, с двусторонним стенозом ВСА, с сочетанием окклюзии одной ВСА и стенозом противоположной ВСА. Оценивался коэффициент мозгового кровотока как отношение скорости кровотока в гемисфере на уровне суженного (прооперированного) сосуда к скорости кровотока на противоположной стороне.

**Результаты.** В I группе пациентов с односторонним сужением ВСА отмечалось уменьшение кровотока на стороне поражения в 72% случаев. В 26% случаев скорость мозгового кровотока была снижена на стороне, не измененной ВСА. В 1 случае показатели были симметричны. Во II группе с двусторонними стенозами уменьшение кровотока на стороне более выраженного сужения выявлено в 46% случаев. Большой кровоток на стороне более выраженного стеноза ВСА отмечен в 42%, симметричный кровоток в 12% случаев. В III группе пациентов с окклюзией одной ВСА и стенозом противоположной ВСА в 74% случаев выявлено уменьшение кровотока на стороне окклюзии. В 9% случаев кровоток был лучше на стороне окклюзии, в 17% кровоток у пациентов был симметричен.

При послеоперационном обследовании в I группе среди пациентов с исходным дефицитом кровотока было отмечено увеличение показателя после операции в 81% случаев. Во II группе после операции у пациентов с исходно меньшей скоростью кровотока на стороне большего стеноза ВСА в большинстве случаев выявлено увеличение кровотока от 1 до 90%. В случаях с исходно большей скоростью кровотока на стороне суженной артерии в большинстве случаев зафиксировано уменьшение разницы скоростных показателей между гемисферами. В III группе у пациентов с исходно лучшим кровотоком на стороне, суженной ВСА в 45% случаев отмечалось дальнейшее увеличение СBF на стороне операции, в 55% – наоборот уменьшение разницы в скоростных показателях между гемисферами.

Клинические проявления, характерные для ГПС были выявлены только в 1 случае в I группе. Во всех остальных случаях, в независимости от изменения показателей перфузии, очаговой клинической симптоматики у пациентов выявлено не было.

**Заключение.** Использование ПКТ у пациентов с хронической ишемией головного мозга возможно при наличии четких показаний. Наиболее целесообразно использование ПКТ у пациентов с односторонним стенозом ВСА. Необходимо дальнейшее изучение результатов ПКА у пациентов с хронической ишемией головного мозга в зависимости от характера поражения сонных артерий для поиска объективных критериев целесообразности и клинической эффективности его применения.

Ключевые слова: перфузионная компьютерная томография, хроническая ишемия головного мозга, стеноз внутренней сонной артерии.

Контактный автор: Вишнякова М.В., e-mail: [cherridra@mail.ru](mailto:cherridra@mail.ru)

1 - ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского.  
2 - ФГАУ «Национальный научно-практический центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко» Минздрава России.  
г. Москва, Россия.

Для цитирования: Вишнякова М.В. (мл), Пронин И.Н., Вишнякова М.В., Ларьков Р.Н. Информативность перфузионной компьютерной томографии головного мозга при окклюзирующем поражении внутренних сонных артерий. REJR 2017; 7(2):31-38. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-31-38.

Статья получена: 15.04.2017

Статья принята: 05.05.2017

## DIAGNOSTIC VALUE OF BRAIN COMPUTED TOMOGRAPHY PERFUSION IN CAROTID OCCLUSIVE DISEASE

Vishnyakova M.V.<sup>1</sup>, Pronin I.N.<sup>2</sup>, Larkov R.N.<sup>1</sup>, Vishnyakova M.V.<sup>1</sup>

**Purpose.** To determine the diagnostic value of computed tomography perfusion (CTP) in cerebral blood flow assessment in patients with chronic brain ischemia. To appreciate advisability of CTP for patient with different variants of internal carotid artery (ICA) occlusive disease.

**Materials and methods.** During 2015-2016 years in CT and MRI department 103 patients underwent complex examination (ultrasound and computed angiography of brachiocephalic arteries and cerebral vessels, CTP) before surgical carotid revascularization. 76 patients were operated and had postoperative examination at the 5-6<sup>th</sup> day after surgery. According to internal carotid artery affection patients were divided in 3 groups: with unilateral ICA stenosis, with bilateral ICA stenosis, with combination of on ICA occlusion and another ICA stenosis. Cerebral blood flow (CBF) coefficient was determined as relation of CBF on affected (operated) ICA side to contralateral CBF.

**Results.** In patients group I with unilateral ICA stenosis CBF reduction was measured on affected side in 72% of cases. In 26% of cases CBF was reduced on nonstenotic side, in one patient CBF values were symmetric. For second group with bilateral stenosis CBF reduction on the side of heavier ICA stenosis was observed in 46%. Greater CBF numbers on the less affected side were in 42% of cases, in 12% CBF in second group was symmetric. In third group in 74% decrease of CBF was found on the side of ICA occlusion comparing with stenosis side. In 17% of cases CBF was symmetric, in 9% - CBF was faster on occlusion side.

Postoperative examination revealed in first group with initial CBF deficit an increase of CBF value in 81% of cases. In second group in majority of patients with initial CBF deficit on the side of heavier stenosis postoperative CBF also increased. In cases with faster CBF on the heavier stenosis side an equation of CBF in both hemispheres was found after surgery. In third group in patients with better CBF on stenosis side comparing with the side of occlusion in 45% there was farther increase in CBF on the side of operated ICA comparing with occlusion, in 55% - equation of parameters.

Clinical symptoms characteristic for hyperperfusion syndrome were detected in 1 case in first group. In all other cases, there were no focal neural symptoms.

**Conclusion.** CTP examination in patients with chronic ischemic brain disease can be used with clear clinical purpose. CTP can be most helpful in patients with unilateral ICA stenosis. Farther assessment of CTP diagnostic values for patients with chronic brain ischemia according to ICA affection variant should be studied to find appropriate criteria for clinical usefulness of the procedure.

Keywords: computed tomography perfusion, chronic ischemic brain disease, internal carotid artery stenosis.

Corresponding author: Vishnyakova M.V., e-mail: cherridra@mail.ru

For citation: Vishnyakova M.V., Pronin I.N., Larkov R.N., Vishnyakova M.V. Diagnostic value of brain computed tomography perfusion in carotid occlusive disease. REJR. 2017; 7(2):31-38. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-31-38.

Received: 15.04.2017

Accepted: 05.05.2017

1 - Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI).  
2 - N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center of Neurosurgery. Moscow, Russia.

**Н**арушения мозгового кровообращения (НМК) по ишемическому типу, которые остаются одной из наиболее актуальных проблем современной медицины, в большинстве своем развиваются на фоне атеросклеротического окклюзирующего поражения сонных артерий. Оперативное лечение пациентов с подобными изменениями помогает предотвратить развитие как первичных, так и повторных НМК [1 - 3].

Решение вопроса о хирургическом вмешательстве на суженных сонных артериях принимается на основании совокупности клинических данных и результатов обследования. Одним из наиболее принципиальных вопросов является степень сужения сонных артерий и влияние данного сужения на состояние мозгового кровотока [4 - 7].

Не менее часто поднимается вопрос о результатах каротидной реваскуляризации, проводимой с целью улучшения кровоснабжения вещества головного мозга.

Поскольку у пациентов с хронической ишемией головного мозга происходит нарушение ауторегуляции мозгового кровотока, то после операции у них могут возникать разнообразные осложнения как ишемического, так и геморрагического характера [2, 3].

Для оценки результатов оперативного лечения проводится измерение показателей мозгового кровотока до и после оперативного вмешательства. Перфузионная компьютерная томография (ПКТ) является одним из наиболее доступных способов визуализации состояния кровотока в головном мозге. На настоящий момент существует множество литературных источников, отмечающих высокую информативность подобных исследований изменения кровотока в головном мозге [8, 9].

Однако отсутствуют данные о целесообразности применения подобных исследований у пациентов с хронической ишемией головного мозга, особенно в зависимости от вариантов окклюзирующего поражения сонных артерий.

ПКТ – метод, связанный с высокой лучевой нагрузкой, внутривенным введением контрастного препарата, поэтому не должен применяться без четко определенных показаний для исследования.

Цель исследования: определить возможности перфузионной компьютерной томографии в оценке изменений мозгового кровотока у пациентов с хронической ишемией. Оценить целесообразность проведения ПКТ пациентам в зависимости от варианта поражения сонных артерий.

#### **Материалы и методы.**

В 2015-2016 гг. в отделении КТ и МРТ ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского было обследовано 103 пациента в рамках предоперационной подготовки к реваскуляризации сонных артерий. Пациентам выполнялись ультразвуковые методы исследования брахиоцефальных артерий (БЦА) и сосудов Виллизиева круга, компьютерно-томографическая ангиография (КТА), перфузионная компьютерная томография головного мозга. Протокол проведения КТА включал низкодозовое бесконтрастное исследование, проведение артериальной и венозной фаз контрастного усиления (венозная фаза тоже со сниженной лучевой нагрузкой), внутривенное болюсное введение низкоосмолярного контрастного препарата в объеме 50 мл, со скоростью 4-4,5 мл/сек. У всех пациентов, включенных в исследование, было выявлено сужение внутренних сонных артерий (ВСА) более 60% по критериям NASCET (North American Stenosis Carotid Endarterectomy Trial).

Протокол ПКТ включал проведение 35 циклов сканирования, захватывающих уровень базальных ядер и большой объем полушарий головного мозга (протяженность сканирования 6 см), внутривенное болюсное введение низкоосмолярного контрастного препарата в объеме 40 мл, со скоростью 4 мл/секунду.

При оценке показателей перфузии оценивались: объем мозгового кровотока, мл/100 г (CBV – cerebral blood volume); скорость мозгового кровотока, мл/100 г/мин (cerebral blood flow); среднее время транзита крови, сек (MTT – mean transit time); время до достижения пиковой концентрации, сек (TTP – time to peak). Вычисление показателей перфузии проводилось на уровнях базальных ядер, для повышения достоверности проводилось автоматическое удаление сосудов из вычислений. Далее в ходе исследования проводился обсчет и сравнение скорости мозгового кровотока. Из исследования исключались пациенты с наличием на уровнях сканирования очагов и зон измененной плотности вещества головного мозга.

Для достоверного определения разницы показателей скорости мозгового кровотока до и после операции использовались относительные показатели – высчитывался коэффициент мозгового кровотока (КМК) как соотношение кровотока на стороне большего поражения или стороне операции (CBF1) к кровотоку в противоположной гемисфере (CBF2):

$$\text{КМК} = 1 - \text{CBF1} / \text{CBF2}.$$

Для определения критериев целесообразности проведения ПКТ пациентам с различным

**Таблица №1. Варианты асимметрии кровотока.**

Выраженность асимметрии кровотока	Количество пациентов
0%	1
1-9%	25
10-19%	17
Более 20 %	10

атеросклеротическим поражением БЦА, были выделены на следующие группы:

I группа – пациенты с односторонним стенозом ВСА (54 человека),

II группа – пациенты с двусторонним стенозом ВСА (26 человек),

III группа – пациенты с сочетанием окклюзии одной ВСА и стенозом контрлатеральной ВСА (23 человека).

Было прооперировано 76 пациентов. В раннем послеоперационном периоде на 5-6 сутки всем пациентам была проведена ПКТ по ранее указанному стандартному протоколу.

Результаты: анализировались и сравнивались результаты перфузии, полученные перед и после оперативного вмешательства.

Оценка данных перфузии головного мозга перед оперативным вмешательством.

I группа – 54 пациента с односторонним сужением ВСА более 60% по критериям NASCET (рис. 1 а).

Среди пациентов мы выделили несколько вариантов асимметрии кровотока (табл. №1).

При подсчете КМК было получено, что у 39 пациентов (72%) со стенозом ВСА отмечается уменьшение CBF на стороне поражения (рис. 1 б). Асимметрия CBF была выражена в различной степени – максимальная асимметрия кровотока составила 36%.

У 14 пациентов (26%) показатель CBF был снижен на стороне, не измененной внутренней сонной артерии. При этом асимметрия максимально составила 11%.

У одного пациента показатели перфузии были симметричны (рис. 1 в).

Соотношение изменения скорости мозгового кровотока в зависимости от пораженной артерии представлено на рисунке 2.

При оценке показателей перфузии в этой группе мы, прежде всего, изучали асимметрию перфузии на стороне более выраженного сужения ВСА по данным КТА и УЗИ: подобных пациентов было 12 (46%). Разница в значениях CBF максимально составила 29%.

Пациентов, с большим кровотоком на стороне более выраженного стеноза ВСА, было выявлено 11 (42%), дефицит кровотока составил максимально 43%.

У 3 пациентов показатели перфузии были симметричны.

Отношение изменения скорости мозгового кровотока в зависимости от пораженной ар-

терии во II группе представлено на рисунке 3.

В данной группе пациентов в 17 случаях (74%) была выражена асимметрия скорости мозгового кровотока с уменьшением его на стороне окклюзии. Степень асимметрии достигала 44%. У 2 пациентов кровотоки были лучше на стороне окклюзии, у 4 пациентов кровотоки были симметричны. Отношение изменения скорости мозгового кровотока в зависимости от пораженной артерии в III группе представлено на рисунке 4.

По данным литературы значимая асимметрия скорости мозгового кровотока, которая характеризует изменение CBF на уровне ишемизированной ткани головного мозга, составляет более 15% [11 - 13]. Если подходить к нашим измерениям исходя из этих пропорций, то только у 14 пациентов из I группы (26%) асимметрия кровотока отмечалась в рамках не физиологических, а патологических изменений. Однако у всех пациентов со значимой асимметрией кровотока изменения выявлялись на стороне, суженной ВСА.

У пациентов II группы значимые (асимметрия кровотока более 15%) изменения выявлялись в 11 случаях (42%). Среди этих пациентов незначительно преобладали больные с уменьшением кровотока на стороне меньшего поражения при УЗИ и КТА (6 пациентов).

Наиболее закономерным было распределение пациентов по выраженности асимметрии кровотока в III группе. У 13 пациентов (56%) асимметрия превышала 15%, и практически у всех из них (кроме одного) уменьшение кровотока соответствовало стороне окклюзированной ВСА.

Таким образом, наиболее убедительными были данные ПКТ среди пациентов с односторонними сужениями ВСА и с окклюзией ВСА с одной стороны и сужением ВСА с противоположной стороны.

#### **Оценка данных перфузии головного мозга после реконструктивной операции.**

Реваскуляризация сосудов головного мозга при окклюдированном поражении сонных артерий была проведена в 76 случаях.

В I группе было прооперировано 39 пациентов.

Сначала анализировались данные пациентов с исходным дефицитом кровотока на стороне, суженной и затем реконструированной ВСА – 27 человек. У них было отмечено увеличе-



Рис. 1 а (Fig. 1 а).

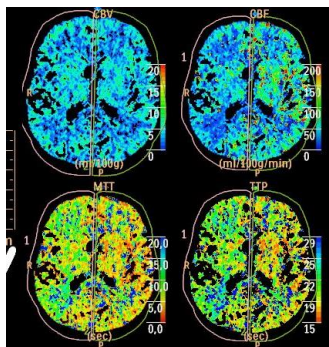


Рис. 1 б (Fig. 1 в).

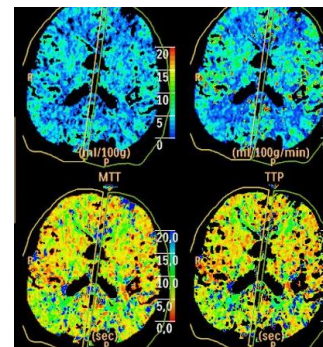


Рис. 1 в (Fig. 1 с).

**Рис. 1. КТ-перфузия. Обследование пациентов с односторонним стенозом ВСА.**

- а - Компьютерная томографическая ангиография, 3D-реконструкция. Субокклюзия правой ВСА.
- б - Построение цветowych карт перфузии. У пациента со снижением CBF, увеличением MTT и TTP.
- в - Построение цветowych карт перфузии. У пациента с симметричными показателями перфузии.

**Fig. 1. CT perfusion. Patients with unilateral ICA stenosis.**

- a - Computed angiography, volume rendering technique – right ICA subocclusion. Colored perfusion maps:
- b - case of patient with CBF decrease, MTT and TTP increase;
- c - case of patients with symmetric perfusion parameters.



Рис. 2 (Fig. 2).

**Рис. 2. Диаграмма.**

Распределение пациентов I группы в зависимости от изменения скорости мозгового кровотока (CBF).

**Fig. 2. Diagramm.**

Distribution of I group patients according to CBF changes.

**Таблица №2. Распределение пациентов II группы.**

Выраженность асимметрии кровотока	Количество пациентов
0%	3
1-9%	7
10-19%	8
Больше 20%	8



Рис. 3 (Fig. 3).

**Рис. 3. Диаграмма.**

Распределение пациентов II группы в зависимости от изменения скорости мозгового кровотока (CBF).

**Fig. 3. Diagramm.**

Distribution of II group patients according to CBF changes.

**Таблица №3. Распределение пациентов III группы.**

Процент дефицита кровотока	Количество пациентов
0%	4
1-9%	3
10-14%	5
Больше 20%	11



**Рис. 4 (Fig. 4).**

**Рис. 4. Диаграмма.**

Распределение пациентов III группы в зависимости от изменения скорости мозгового кровотока (CBF).

**Fig. 4. Diagramm.**

Distribution of III group patients according to CBF changes. .

ние CBF после операции в 22 случаях (81%), процент увеличения кровотока колебался от 1% до 80%. У пациента, у которого увеличение скорости кровотока на стороне операции составило 80%, развились выраженные головные боли, было зафиксировано повышение артериального давления. Подобные изменения были расценены как проявление гиперперфузионного синдрома. У 4 пациентов с исходным дефицитом кровотока выявлено уменьшение CBF по сравнению с исходными значениями, колебания от 1% до 14%. При этом после операции появления очагов или зон ишемии в веществе головного мозга выявлено не было, клинически ухудшения самочувствия пациентов не отмечено.

При оперативном лечении пациентов I группы с исходно более высокой скоростью кровотока на стороне суженной артерии установлено: из 11 прооперированных пациентов в большинстве случаев произошло замедление кровотока на стороне операции (8 человек), разница значений составила от 1% до 14%. В 1 случае скорость кровотока по сравнению с противоположной стороной не изменилась. В 2 случаях наблюдалось дальнейшее увеличение разницы между гемисферами с увеличением CBF на стороне операции.

У одного пациента с исходно симметричными показателями кровотока показатели оставались симметричными.

Также во всех случаях после операции появления очагов или зон ишемии в веществе головного мозга и клинического ухудшения самочувствия пациентов не отмечено.

Во II группе было прооперировано 22

пациента.

Среди пациентов с исходно меньшей скоростью кровотока на стороне большего сужения просвета ВСА (14 человек) в большинстве случаев (11 пациентов) отмечено увеличение скорости кровотока от 1% до 90%. У пациента с увеличением CBF на 90% по сравнению с исходными данными клинических проявлений, характерных для гиперперфузионного синдрома, выявлено не было. У 2 пациентов скорость кровотока осталась без динамики по сравнению с предоперационным исследованием, у 1 пациента уменьшалась на 4%.

У пациентов с исходно более высокой скоростью на стороне суженной артерии в большинстве случаев (10 человек) произошло уменьшение разницы между скоростными показателями в гемисферах с уменьшением скорости кровотока на стороне операции, показатели варьировали от 2% до 29%. Также клинических проявлений неврологических событий, появления новых очагов в веществе головного мозга после операции не выявлено.

В III группе было прооперировано 15 пациентов.

Среди пациентов с исходно большей CBF на стороне, суженной ВСА по сравнению с окклюзированной ВСА (9 человек) – в 4 случаях отмечалось дальнейшее увеличение CBF на стороне операции, в 5 случаях – наоборот уменьшение CBF на стороне операции. Разница кровотока в процентах составляла от 5% до 40%. Необходимо отметить, что у пациентов с уменьшением кровотока на стороне оперированной артерии, в том числе, достигавшим

40%, не появлялось «свежих» очаговых изменений в веществе головного мозга, клинически пациенты находились в стабильном состоянии.

Среди пациентов с исходно симметричным кровотоком (6 наблюдений) в 2 случаях CBF на стороне операции не изменилась, в 3 – уменьшилась (различие достигало 9%), в 1 случае – увеличилась на 16%. Пациенты с уменьшением скорости кровотока на стороне операции также не предъявляли жалоб, появления очагов ишемических изменений в веществе головного мозга выявлено не было.

Таким образом, применение ПКТ для оценки результатов операции неоднозначно. Так, даже в I группе пациентов с исходно ожидаемым увеличением кровотока в веществе головного мозга после операции подобные изменения были выявлены только в 56% случаев. У остальных пациентов показатели перфузии либо не изменили свое соотношение, либо изменились в обратную сторону.

Необходимо отметить, что ни у одного пациента с отсутствием увеличения кровотока или уменьшением кровотока на стороне операции не возникло неврологической симптоматики, в веществе головного мозга новые очаги и зоны ишемических изменений выявлены не были. Подобные данные показывают, что применение ПКТ в послеоперационном периоде с целью оценки динамики мозгового кровотока может давать неоднозначные результаты.

#### **Обсуждение.**

Перфузионная компьютерная томография на настоящий момент является широко применяемой технологией для диагностики как острой, так и хронической ишемии головного мозга [14 - 16].

Однако если при диагностике острой ишемии существуют стандартные принципы оценки и применения метода, то вопрос применения ПКТ для пациентов с хронической ишемией остается открытым [8].

Это обусловлено, прежде всего, большой лучевой нагрузкой, которой подвергается пациент во время исследования. Результаты исследований для прогнозирования осложнений после операций демонстрируют информативность методики только у отдельных определенных групп пациентов [8, 17].

#### **Список литературы:**

1. Стаховская Л.В., Котова С.В. *Инсульт: Руководство для врачей*. М., ООО «Медицинское информационное агентство», 2013. 400 с.
2. *Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий*. 2013; 70 с.
3. John J. Ricotta, Ali AbuRahma, Enrico Ascher, Mark Eskandari, Peter Faries and Brajesh K. Lal. Washington, DC; Charleston, WV; Brooklyn, NY; Chicago, Ill; New York, NY; and Baltimore, Md Updated Society for Vascular Surgery guidelines

По данным нашего исследования показатели перфузии перед операцией бывают различными. У большинства пациентов снижение скорости кровотока соответствует пораженному в большей степени сосуду. Однако кровоток в головном мозге также может быть симметричен, кроме того может быть меньше на стороне непораженной (или пораженной в меньшей степени) артерии. Также немаловажным остается вопрос об определении пороговых значений показателей перфузии, которые будут соответствовать реальному уменьшению кровотока в головном мозге, а не вариации физиологической асимметрии.

После операции у пациентов уменьшение или увеличение скорости кровотока в головном мозге практически во всех случаях не проявлялось клинически, очагов ишемических изменений или геморрагической плотности в веществе головного мозга выявлено не было.

#### **Заключение.**

Таким образом, вариабельность показателей перфузии, отсутствие закономерных и постоянных связей между показателями перфузии, окклюзирующим процессом в сонных артериях и клинической симптоматикой поражения на настоящий момент делают нецелесообразным его использование у пациентов с хронической ишемией головного мозга без определения четких показаний. Исходя из результатов исследования, наиболее целесообразно использовать ПКТ среди пациентов с односторонним выраженным поражением ВСА. Проведение ПКТ в послеоперационном периоде для изучения изменений мозгового кровотока целесообразно проводить для пациентов с исходно измененным мозговым кровотоком на стороне операции. Требуется дальнейшее изучение результатов ПКТ у пациентов с хронической ишемией, в зависимости от поражения сонных артерий для определения объективных диагностических критериев целесообразности и клинической эффективности его применения.

#### **Источник финансирования и конфликт интересов.**

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

for management of extracranial carotid disease. *J Vasc Surg*. 2011; 54 (3): 1-31.

4. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade stenosis. *N Engl J Med*. 1991; 325: 445-453.

5. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet*. 1998; 351 (9113): 1379-87.

6. Усачев Д.Ю., Лукин В.А., Яковлев С.Б., Арустамян С.Р., Шмигельский А.В. Протокол обследования и хирургического лечения больных со стенозирующими поражениями магистральных артерий головного мозга. Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2009; 2: 48-54.

7. Мамедов Ф. Р., Арутонов Н. В., Усачев Д. Ю., Мельникова-Пицхелаури Т. В., Пяшина Д. В., Фадеева Л. М., Корниенко В. Н. Комплексная нейрорадиологическая диагностика при атеросклеротическом поражении сонных артерий. Вестник рентгенологии и радиологии. 2011; 1.

8. Немировская Т.А., Немировский А.М., Данилов В.И., Михайлов М.К., Ибатуллин М.М., Алексеев А.Г. Оценка влияния стенозов и окклюзий внутренней сонной артерии на церебральную гемодинамику при помощи перфузионной рентгеновской компьютерной томографии. Казанский медицинский журнал. 2011; 92: 3.

9. Можаровская М.А., Бадюл М.И., Морозов С.П., Крыжановский С.М., Шмырев В.И. Перфузионная компьютерная томография головного мозга в диагностике острых и хронических нарушений мозгового кровообращения. Креmlевская медицина, клинический вестник. 2012; 3: 20-24.

10. Wintermark M., FDA Investigates the Safety of Brain Perfusion CT., AJNR. 2010; 31: 2-3

11. Melamed E., Lavy S., Bentin S., Cooper G., Rinot Y. Reduction in regional cerebral blood flow during normal aging in man.

**References:**

1. Stakhovskaya L.V., Kotova S.V. Stroke: Guidance for doctors. М., ООО «Medical info agency», 2013. 400 p. (in Russian).

2. National recommendations for management patients with internal carotid artery diseases. 2013; 70 p. (in Russian).

3. John J. Ricotta, Ali AbuRahma, Enrico Ascher, Mark Eskandari, Peter Faries and Brajesh K. Lal. Washington, DC; Charleston, WV; Brooklyn, NY; Chicago, Ill; New York, NY; and Baltimore, Md Updated Society for Vascular Surgery guidelines for management of extracranial carotid disease. J Vasc Surg. 2011; 54 (3): 1-31.

4. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade stenosis. N Engl J Med. 1991; 325: 445-453.

5. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). Lancet. 1998; 351 (9113): 1379-87.

6. Usachev D.Yu., Lukshin V.A., Yakovlev S.B., Arustamyan S.R., Shmigelskiy A.V. Protokol of management and surgical treatment of stenosis of main brain arteries. Burdenko's Journal of Neurosurgery. 2009; 2: 48-54 (in Russian).

7. Mamedov F.R., Arutyunov N.V., Usachev D.Yu., Melnikova-Pickhelaury T.V., Pyashina D.V., Fadeeva L.M., Kornienko V.N. Complex neurodiagnostics of carotid atherosclerotic disease. Vestnik Rentgenologii i Radiologii. 2011; 1 (in Russian).

8. Nemirovskaya T.A., Nemirovskiy A.M., Danilov V.I., Mikhaylov V.K., Ibatullin M.M., Alekseev A.G. The assessment of internal carotid artery stenosis and occlusion on cerebral hemodynamics using perfusion MSCT. Kazan medical journal. 2011; 92: 3 (in Russian).

9. Mogarovskaya M.A., Badul M.I., Morozov S.P., Kriganovskiy

Stroke. 1980; 11: 31-35

12. Podreka I, Baumgartner C., Suess E., Müller C., Brücke T., Lang W., Holzner F., Steiner M., Deecke L. Quantification of regional cerebral blood flow with IMP-SPECT. Reproducibility and clinical relevance of flow values. Stroke. 1989; 20:183-191

13. Qiao Y., Zhu G., Patrie J., Xin W., Michel P., Eskandari A., Jovin T., Wintermark M. Optimal Perfusion Computed Tomographic Thresholds for Ischemic Core and Penumbra Are Not Time Dependent in the Clinically Relevant Time Window Stroke. 2014; 45: 1355-1362;

14. Srinivasan A., Goyal M., Al Azri F., Lum C. State-of-the-Art Imaging of Acute Stroke RadioGraphics. 2006; 26: S75-S95.

15. Seeters T. The Prognostic Value of CT Angiography and CT Perfusion in Acute Ischemic Stroke. Cerebrovasc Dis. 2015; 40 (5-6): 258-69.

16. Xin Y., Fu-Gang H. Diagnostic accuracy of computed tomography perfusion in patients with acute stroke: A meta-analysis Journal of the Neurological Sciences. 2016; 360 (15): 125-130.

17. Fukuda T., Ogasawara K., Kobayashi M., Komoribayashia N., Endoa H., Inouea T., Kuzua Y., Nishimotoa H., Terasakia K., Ogawaa A. Prediction of Cerebral Hyperperfusion after Carotid Endarterectomy Using Cerebral Blood Volume Measured by Perfusion-Weighted MR Imaging Compared with Single-Photon Emission CT. AJNR. 2007; 28: 737-742.

S.M., Shmirev V.I. Perfusion brain CT in diagnostics of acute and chronic cerebrovascular diseases. Kremlin medicine, clinical journal. 2012; 3: 20-24 (in Russian).

10. Wintermark M., FDA Investigates the Safety of Brain Perfusion CT., AJNR. 2010; 31: 2-3

11. Melamed E., Lavy S., Bentin S., Cooper G., Rinot Y. Reduction in regional cerebral blood flow during normal aging in man. Stroke. 1980; 11: 31-35

12. Podreka I, Baumgartner C., Suess E., Müller C., Brücke T., Lang W., Holzner F., Steiner M., Deecke L. Quantification of regional cerebral blood flow with IMP-SPECT. Reproducibility and clinical relevance of flow values. Stroke. 1989; 20:183-191

13. Qiao Y., Zhu G., Patrie J., Xin W., Michel P., Eskandari A., Jovin T., Wintermark M. Optimal Perfusion Computed Tomographic Thresholds for Ischemic Core and Penumbra Are Not Time Dependent in the Clinically Relevant Time Window Stroke. 2014; 45: 1355-1362;

14. Srinivasan A., Goyal M., Al Azri F., Lum C. State-of-the-Art Imaging of Acute Stroke RadioGraphics. 2006; 26: S75-S95.

15. Seeters T. The Prognostic Value of CT Angiography and CT Perfusion in Acute Ischemic Stroke. Cerebrovasc Dis. 2015; 40 (5-6): 258-69.

16. Xin Y., Fu-Gang H. Diagnostic accuracy of computed tomography perfusion in patients with acute stroke: A meta-analysis Journal of the Neurological Sciences. 2016; 360 (15): 125-130.

17. Fukuda T., Ogasawara K., Kobayashi M., Komoribayashia N., Endoa H., Inouea T., Kuzua Y., Nishimotoa H., Terasakia K., Ogawaa A. Prediction of Cerebral Hyperperfusion after Carotid Endarterectomy Using Cerebral Blood Volume Measured by Perfusion-Weighted MR Imaging Compared with Single-Photon Emission CT. AJNR. 2007; 28: 737-742.