

**СООТНОШЕНИЯ КАРТИНЫ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ  
КАРОТИДНОЙ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОЙ БЛЯШКИ И ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНОЙ  
РЕАКТИВНОСТИ ПРИ СТЕНОЗИРУЮЩЕМ АТЕРОСКЛЕРОЗЕ СОННЫХ АРТЕРИЙ****А.С. Максимова, Е.Э. Бобрикова, М.П. Плотников, Ю.В. Роговская, И.Л. Буховец,  
М.С. Кузнецов, В.Ю. Усов***ФГБНУ «НИИ кардиологии»  
634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а*

Цель исследования: сопоставить у пациентов с распространенным атеросклерозом и стенозирующим поражением сонных артерий структуру каротидной бляшки, визуализированную с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ), и реактивность сосудов головного мозга, оцененную с помощью ультразвукового исследования. Материал и методы. В исследовании включен 21 пациент (средний возраст  $64 \pm 13$ ) с гемодинамически значимым стенозом брахиоцефальных артерий – более 70 %. Всем пациентам выполнялась МРТ головного мозга и области сонных артерий. Цереброваскулярный резерв оценивали с помощью транскраниального ультразвукового исследования средних мозговых артерий с определением показателей кровотока в условиях функциональных тестов: проб с задержкой дыхания и гипервентиляцией. Результаты и их обсуждение. При проведении пробы с задержкой дыхания у большинства (56 %) пациентов с гипointенсивной в Т1-ВИ и гиперинтенсивной в Т2-ВИ МР-томографической картиной бляшки (означающей наличие обширного липидного ядра при минимуме или отсутствии внутривенных кровоизлияний) наблюдалась однонаправленная с обеих сторон положительная реакция при функциональной гиперкапнической нагрузке с задержкой дыхания. Напротив, однонаправленная отрицательная либо отрицательная реакция на стороне стеноза (т. е. разнонаправленная в целом) выявлялись у пациентов, имеющих гиперинтенсивную бляшку в Т1-ВИ и гипointенсивную в Т2-ВИ по данным МРТ (бляшка с достоверным внутривенным кровоизлиянием). При проведении нагрузочного теста с задержкой дыхания существует статистически значимая связь между определенной при МРТ структурой бляшки и направленностью реакции ( $p = 0,081$ ). Напротив, при проведении пробы с гипервентиляцией значимых различий обнаружено не было. Выводы. При атеросклеротическом стенозе внутренней сонной артерии внутривенные геморрагии сопровождаются критическим нарушением цереброваскулярной реактивности, оцениваемой по кровотоку в средних мозговых артериях. Это позволяет считать любые геморрагии внутри бляшки критическим фактором риска, требующим проведения каротидной эндартерэктомии. Проведение МР-томографии стенок артерий с оценкой структуры атеросклеротической бляшки может быть рекомендовано в качестве скринингового метода у всех пациентов групп риска атеросклероза.

**Ключевые слова:** атеросклероз, сонные артерии, МРТ, цереброваскулярный риск, цереброваскулярный резерв.

---

**Максимова Александра Сергеевна** – аспирант отделения рентгеновских и томографических методов диагностики, e-mail: asmaximova@yandex.ru

**Бобрикова Евгения Эдуардовна** – младший научный сотрудник отделения рентгеновских и томографических методов диагностики, e-mail: bobrikova.tomsk@gmail.com

**Плотников Михаил Павлович** – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии, e-mail: pmp@cardio-tomsk.ru

**Роговская Юлия Викторовна** – канд. мед. наук, старший научный сотрудник патолого-анатомического отделения, e-mail: pathan@cardio.tsu.ru

**Буховец Ирина Львовна** – д-р мед. наук, старший научный сотрудник отделения рентгеновских и томографических методов диагностики, e-mail: vorozhcova@cardio.tsu.ru

**Кузнецов Михаил Сергеевич** – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии, e-mail: kms@cardio-tomsk.ru

**Усов Владимир Юрьевич** – д-р мед. наук, проф., руководитель отделения рентгеновских и томографических методов диагностики, e-mail: ussov1962@yandex.ru

---

© Максимова А.С., Бобрикова Е.Э., Плотников М.П., Роговская Ю.В., Буховец И.Л., Кузнецов М.С., Усов В.Ю., 2015

В настоящее время в большинстве стран атеросклероз и его осложнения остаются одной из основных причин смертности взрослого населения, в первую очередь за счет инфаркта миокарда и ишемического инсульта [1, 2]. При этом нетрудоспособность не только ухудшает функциональное состояние и социальную роль выживших после инсульта, но также приводит и к весьма существенным бюджетным затратам. В последние годы представлены убедительные свидетельства давно сформулированной концепции [1, 3], что едва ли не основную роль в прогрессировании атеросклеротических бляшек и нарушении их стабильности играют *Vasa vasorum* бляшки, развивающиеся при ее патологической васкуляризации. По мере развития атеросклеротической бляшки *Vasa vasorum* обильно врастают в нее и создают обширную поверхность для миграции лейкоцитов, проникновения атерогенных липидов и формирования микрогеморрагий внутри бляшки [4, 5]. Для оценки морфологии собственно атеросклеротических бляшек, изменений стенок артерий наряду с ультразвуковыми технологиями в последнее время широко применяется магнитно-резонансная томография (МРТ) и магнитно-резонансная ангиография (МРА) [6, 7].

В свою очередь для оценки состояния цереброваскулярного сосудистого резерва при атеросклеротическом поражении сосудов шеи и головного мозга неизменно широко используются методы ультразвуковой диагностики. При этом проведение нагрузочного тестирования, направленного на активацию механизмов ауторегуляции, позволяет зарегистрировать локальные и/или генерализованные нарушения цереброваскулярной реактивности. Однако парадоксальным образом взаимоотношения цереброваскулярной реактивности у пациентов с гемодинамически значимым стенозом брахиоцефальных артерий с конкретными характеристиками выявленных атеросклеротических бляшек остаются малоизученными. В связи с этим целью данного исследования стало сопоставление у пациентов с каротидным атеросклерозом структуры бляшки пораженной артерии, визуализированной с помощью МРТ, и реактивности сосудов головного мозга, определяемой с помощью ультразвуковых методик.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование был включен 21 пациент (средний возраст  $64 \pm 13$ ) с гемодинамически значимым стенозом брахиоцефальных артерий более 70 % и неоднократными преходящими нарушениями мозгового кровообращения в

стеноз-зависимой гемисфере либо малыми инсультами. Большую часть составили мужчины (86 %). Крупноочаговые инсульты головного мозга не были отмечены ни у кого из включенных в исследование и служили критерием исключения. Всем пациентам впоследствии была проведена каротидная эндартерэктомия (КЭЭ) с проведением затем морфологического исследования удаленной атеросклеротической бляшки.

Исследование проводилось на томографе Toshiba Titan Vantage с индукцией магнитного поля 1,5 Т. Всем пациентам выполнялась МР-томография области сонных артерий перпендикулярно ходу общей сонной артерии с получением аксиальных томосрезов сонных артерий толщиной 1–2,5 мм. Были получены T1- и T2-взвешенные МР-томографические изображения (T1-ВИ и T2-ВИ), а также изображения в 3D времяпролетном режиме области бифуркации сонных артерий. Параметры исследований составляли: для T1-ВИ – TR = 900–1000 мс, TE = 10 мс, запись проводилась в матрицу 256×256 вокселей, при этом размер вокселя составлял  $0,2 \times 0,2 \times 2$  мм; для T2-ВИ – TR = 3000–4000 мс, TE = 100–105 мс. По данным визуальной оценки T1-ВИ и T2-ВИ области каротидного стеноза выделены четыре возможных типа наблюдаемых бляшек:

- смешанная бляшка с выраженным фиброзированием и липидным ядром – изображение бляшки усилено в T1-ВИ и в T2-ВИ;
- бляшка с преобладанием липидного компонента – изображение не усилено в T1-ВИ и усилено в T2-ВИ;
- бляшка с микрогеморрагиями – изображение усилено в T1-ВИ и не усилено в T2-ВИ;
- кальцинированная бляшка – изображение не усилено ни в T1-ВИ, ни T2-ВИ;

Впоследствии тип бляшки, определенный при МР-томографическом исследовании сонных артерий, был подтвержден данными морфологического послеоперационного исследования во всех случаях.

Исследование проводилось на ультразвуковом диагностическом аппарате General Electric – Vivid 7 Dimension и Vivid 9 в В-режиме, режимах цветного и импульсно-волнового доплеровского картирования. Ультразвуковое исследование выполнялось в положении пациента лежа на спине, после пятиминутного отдыха. Транскраниальное исследование средних мозговых артерий (СМА) проводилось по общепринятой методике с помощью секторного датчика M5S (1,5–4,5 МГц). Ультразвуковое исследование синхронизировалось с работой сердца под контролем артериального давления

и частоты сердечных сокращений. Для оценки цереброваскулярного резерва фоновые параметры кровотока по средним мозговым артериям определяли в исходном состоянии и в условиях функциональных тестов: в условиях модифицированной гиперкапнической пробы с произвольной задержкой дыхания на максимально возможное для пациента время и модифицированной гипокапнической – гипероксической пробы с форсированной гипервентиляцией в течение 60 с [8]. Рассчитывалась усредненная по времени максимальная скорость кровотока (ТАМХ) в СМА с обеих сторон. На основании полученных данных определяли индекс реактивности, отражающий изменения параметра ТАМХ. При проведении теста с задержкой дыхания, вазодилаторной направленности, индекс реактивности (ИР) рассчитывался как отношение показателя ТАМХ после пробы к аналогичному значению до пробы ( $ИР = \frac{ТАМХ_{после}}{ТАМХ_{до}}$ ). При оценке ИР после вазоконстрикторной нагрузки (проба с форсированным дыханием) рассчитывалось соотношение показателя ТАМХ до и после пробы ( $ИР = \frac{ТАМХ_{до}}{ТАМХ_{после}}$ ) [9]. В контрольную группу исследования вошли семь здоровых добровольцев, не имеющих данной патологии.

Для оценки типа реакции кровотока на проводимую стимуляцию и последующего анализа активности ауторегуляторных механизмов использовалась следующая общепринятая классификация [9]:

– положительная реакция (соответствует норме – сохранности цереброваскулярного резерва) – индекс реактивности 1,1–1,4;

– отрицательная реакция (соответствует истощенности цереброваскулярного резерва при

функциональной пробе) – индекс реактивности 0,9–1,1;

– парадоксальная реакция (соответствует фактической декомпенсации цереброваскулярного резерва в покое) – индекс реактивности менее 0,9.

Статистическая обработка результатов проводилась в программе SPSS 11.05.0 с применением *t*-критерия Стьюдента для анализа количественных данных, подчиняющихся нормальному закону распределения, а также точного критерия Фишера для анализа малых выборок качественных данных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

По направленности реакции мозгового кровотока при функциональном тестировании с оценкой методом транскраниального ультразвукового исследования (УЗИ) все пациенты были разделены на три группы (табл. 1):

– с однонаправленной положительной (при положительной реакции в парных СМА);

– с однонаправленной отрицательной (при двусторонних отрицательных либо парадоксальных реакциях или их сочетании в СМА);

– с разнонаправленной реакцией (при односторонней положительной реакции в сочетании с отрицательным либо парадоксальным ответом контралатерально) [9].

При оценке изменений параметров кровотока по СМА в ответ на определенное воздействие оценивали реакцию не только в бассейне пораженной артерии, но и на противоположной стороне (табл. 2). При проведении пробы с задержкой дыхания у большинства пациентов

Таблица 1

Соотношение положительных, отрицательных и парадоксальных реакций в СМА при проведении нагрузочных тестов с задержкой дыхания и гипервентиляцией

| Показатель                               |                           | Положительная реакция | Отрицательная реакция | Парадоксальная реакция |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Проба с гиперкапнией<br>( <i>n</i> = 21) | Сторона стеноза           | 7                     | 6                     | 8                      |
|  | Контралатеральная сторона | 11                    | 6                     | 4                      |
| Проба с гипокапнией<br>( <i>n</i> = 15)  | Сторона стеноза           | 11                    | 3                     | 1                      |
|  | Контралатеральная сторона | 9                     | 1                     | 5                      |

Таблица 2

Соотношение типов реакций в одноименных СМА при проведении нагрузочных тестов с задержкой дыхания и гипервентиляцией

| Показатель                               | Однонаправленная положительная реакция | Однонаправленная отрицательная реакция | Разнонаправленная реакция |
|--|--|--|---------------------------|
| Проба с гиперкапнией<br>( <i>n</i> = 21) | 5                                      | 8                                      | 8                         |
| Проба с гипокапнией<br>( <i>n</i> = 15)  | 7                                      | 2                                      | 2                         |

Таблица 3

## Показатели индекса реактивности СМА при проведении функциональных проб в группе исследования и контрольной группе

| Показатель                           | Группа исследования        |                           | Контрольная группа |                 |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|
|                                      | Сторона стеноза            | Контралатеральная сторона | Правая сторона     | Левая сторона   |
| Проба с гиперкапнией<br>( $n = 21$ ) | $0,98 \pm 0,20, p < 0,001$ | $1,16 \pm 0,35, p > 0,05$ | $1,28 \pm 0,14$    | $1,14 \pm 0,20$ |
| Проба с гипокapнией<br>( $n = 15$ )  | $1,28 \pm 0,29, p > 0,05$  | $1,18 \pm 0,36, p > 0,05$ | $1,10 \pm 0,22$    | $1,33 \pm 0,15$ |

\*Уровень статистической значимости различий  $p$  – по сравнению с контрольной группой.

Таблица 4

Взаимосвязь структуры бляшки, определенной по данным МРТ, и направленности реакции мозгового кровотока при функциональной пробе с задержкой дыхания – гиперкапнией, по данным ультразвукового исследования ( $n = 15$ )

| Реакция  | Структура бляшки (тип по данным МРТ) |                               |                            |                                  |
|--|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
|  | T1-ВИ усилен, T2-ВИ усилен           | T1-ВИ не усилен, T2-ВИ усилен | T1-ВИ усилен, T2-ВИ снижен | T1-ВИ не усилен, T2-ВИ не усилен |
| Однонаправленная положительная                       | –                                    | 5                             | –                          | –                                |
| Однонаправленная отрицательная                       | 1                                    | 3                             | 2                          | –                                |
| Разнонаправленная (отрицательная на стороне стеноза) | –                                    | 1                             | 3                          | –                                |

Таблица 5

Взаимосвязь структуры бляшки, по данным МРТ-исследования, и направленности реакции мозгового кровотока при функциональной пробе с гипервентиляцией дыхания, по данным ультразвукового исследования ( $n = 11$ )

| Реакция  | Структура бляшки (тип по данным МРТ) |                               |                               |                                  |
|--|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|  | T1-ВИ усилен, T2-ВИ усилен           | T1-ВИ не усилен, T2-ВИ усилен | T1-ВИ усилен, T2-ВИ не усилен | T1-ВИ не усилен, T2-ВИ не усилен |
| Однонаправленная положительная                       | 1                                    | 3                             | –                             | –                                |
| Однонаправленная отрицательная                       | –                                    | 1                             | 1                             | –                                |
| Разнонаправленная (отрицательная на стороне стеноза) | –                                    | 2                             | 3                             | –                                |

наблюдалась однонаправленная отрицательная либо парадоксальная реакция, при проведении гипероксической пробы – однонаправленная положительная.

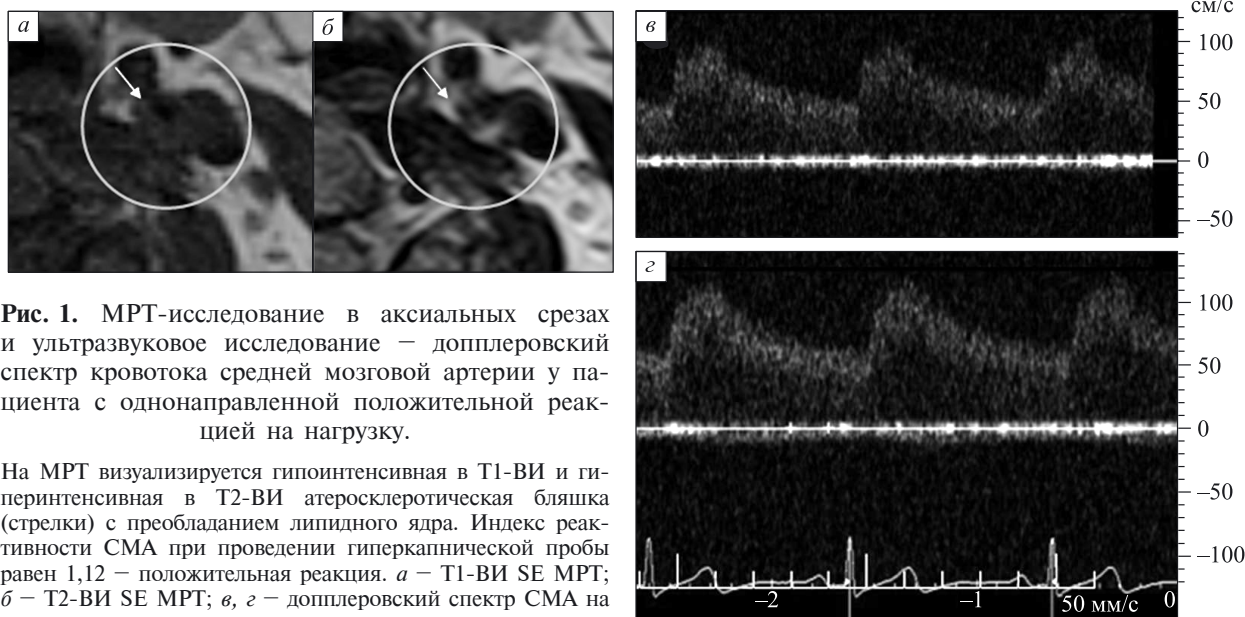
У пациентов с гемодинамически значимым стенозом наблюдались статистически значимые различия индекса реактивности на стороне стеноза при проведении пробы с задержкой дыхания в сравнении с контрольной группой, тогда как при проведении гипервентиляционного теста значимых различий обнаружено не было (табл. 3).

При анализе МР-томограмм области сонных артерий у пациентов мы в данной работе сознательно ограничились результатами исследований без дополнительного парамагнитного контрастирования. Это вызвано тем, что в рутинной практике времяпрелетная МРА сосудов

головного мозга выполняется намного чаще, и она в выполнении легче, чем методики контрастированной МРА. В связи с этим выглядит весьма важным и заманчивым получить возможность выявлять наиболее прогностически опасные бляшки каротидных артерий уже по данным исходного неконтрастированного МР-томографического исследования, в соответствии с представленными выше типами бляшек [10].

По выделенным нами группам гиперинтенсивное изображение бляшки в T1-ВИ и T2-ВИ (смешанная бляшка с выраженным фиброзированием и липидным ядром) было обнаружено у одного пациента; гипоинтенсивное в T1-ВИ и гиперинтенсивное в T2-ВИ (бляшка с преобладанием липидного компонента) – у девяти пациентов; гиперинтенсивное изображение в T1-ВИ, гипоинтенсивное в T2-ВИ (бляшка с





**Рис. 1.** МРТ-исследование в аксиальных срезах и ультразвуковое исследование — доплеровский спектр кровотока средней мозговой артерии у пациента с однонаправленной положительной реакцией на нагрузку.

На МРТ визуализируется гипоинтенсивная в T1-ВИ и гиперинтенсивная в T2-ВИ атеросклеротическая бляшка (стрелки) с преобладанием липидного ядра. Индекс реактивности СМА при проведении гиперкапнической пробы равен 1,12 — положительная реакция. *a* — T1-ВИ SE МРТ; *б* — T2-ВИ SE МРТ; *в*, *г* — доплеровский спектр СМА на стороне гемодинамически значимого стеноза у пациента в покое (*в*) и при проведении пробы с задержкой дыхания (*г*)

микрогеморрагиями) — у пяти пациентов; полностью кальцинированных бляшек, дающих одновременно гипоинтенсивный сигнал и в T1-ВИ, и в T2-ВИ, обнаружено не было.

Поскольку целью данного исследования было сопоставление структуры атеросклеротической бляшки и реактивности СМА, мы оценили взаимосвязь непосредственно МР-томографической картины атеросклеротической бляшки (типы бляшек) и сочетанную реакцию реактивности (однонаправленная положительная, однонаправленная отрицательная и разнонаправленная реакция) при проведении функциональных проб на обеих сторонах исследования. Полученные результаты при проведении пробы с задержкой дыхания представлены в табл. 4, при проведении пробы с гипервентиляцией — в табл. 5.

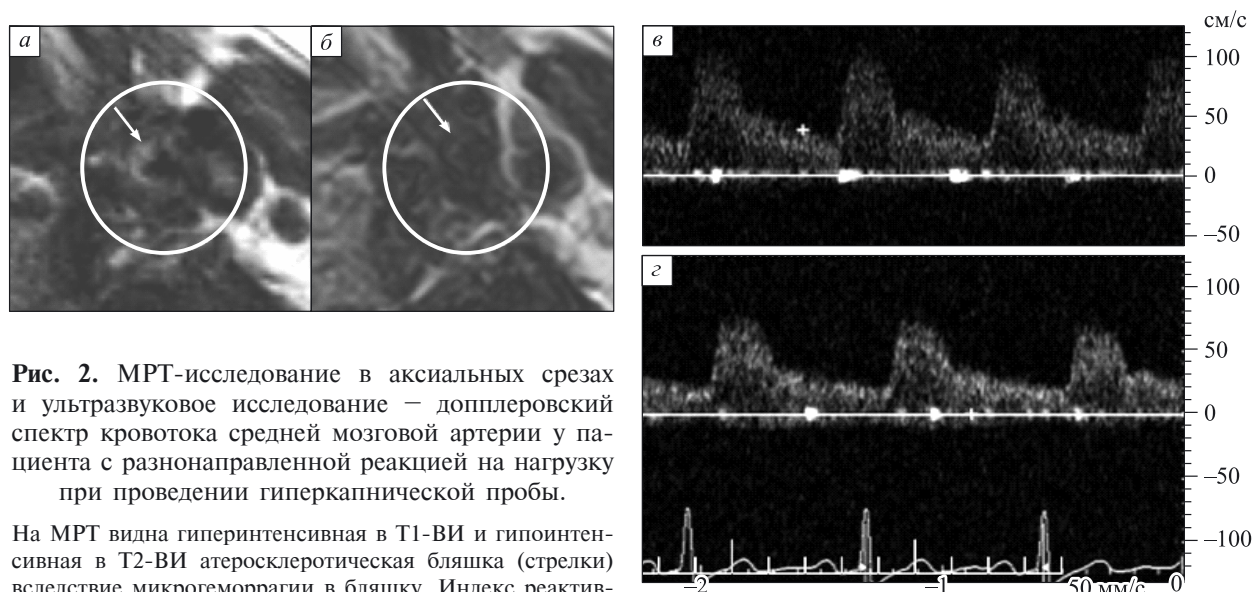
Проведенный статистический анализ показал, что при проведении нагрузочного теста с задержкой дыхания существует статистически значимая связь между определенной при МРТ структурой бляшки и направленностью реакции ( $p = 0,081$ ), тогда как при проведении пробы с гипервентиляцией значимых различий обнаружено не было. При проведении пробы с задержкой дыхания у большинства (56 %) пациентов с гипоинтенсивной в T1-ВИ и гиперинтенсивной в T2-ВИ МР-томографической картиной бляшки наблюдалась однонаправленная положительная реакция на нагрузку (типичный пример представлен на рис. 1). Однонаправленная отрицательная либо отрицательная реакция на стороне стеноза (разнонаправленная в целом)

выявлялись у пациентов, имеющих гиперинтенсивную бляшку в T1-ВИ и гипоинтенсивную в T2-ВИ по данным МРТ (типичный пример на рис. 2).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

В доступной литературе нам не удалось найти прямых сопоставлений показателей типологии атеросклеротических бляшек сонных артерий по данным МРТ (или иного лучевого исследования) и показателей реактивности кровотока в артериях головного мозга при дуплексном сканировании, хотя взаимосвязь между наличием критического стеноза и патологическими очаговыми изменениями головного мозга по данным МРТ хорошо подтверждена [6, 7]. Поэтому наше исследование имело своей целью в первую очередь выявить типы атеросклеротических бляшек, видимые при МРТ-исследовании уже до проведения контрастирования парамагнетиком, которые сопровождаются патологическими типами реакций кровотока в СМА в условиях функциональных тестов с гипер- и гипокapнией, т. е. представляют непосредственную опасность развития ишемического инсульта.

В контрольной группе в условиях нагрузочных тестов получены положительные реакции, что свидетельствует о нормальной активности ауторегуляторных механизмов [1, 7]. Оказалось, что для практических целей у пациентов проба с гипероксией — гипокapнией (гипервентиляционная) не дает информации о взаимоотношениях реактивности сосудистого русла мозга и структуры атеросклеротической каротидной бляшки. Напротив, при использовании гипер-



**Рис. 2.** МРТ-исследование в аксиальных срезах и ультразвуковое исследование — доплеровский спектр кровотока средней мозговой артерии у пациента с разнонаправленной реакцией на нагрузку при проведении гиперкапнической пробы.

На МРТ видна гиперинтенсивная в T1-ВИ и гипоинтенсивная в T2-ВИ атеросклеротическая бляшка (стрелки) вследствие микрогеморрагии в бляшку. Индекс реактивности СМА на этой стороне при проведении гиперкапнической пробы равен 0,78 — парадоксальная реакция. *a* — T1-ВИ SE МРТ; *b* — T2-ВИ SE МРТ; *v, z* — доплеровский спектр СМА на стороне гемодинамически значимого стеноза у пациента в покое (*v*) и стеноза (75 %) у пациента при проведении пробы с задержкой дыхания (*z*)

капнической пробы с задержкой дыхания (методически наиболее нетрудно применимой у всех групп больных) такая связь однозначно выявляется. При этом патологические реакции мозгового кровотока у пациентов с бляшками с выраженным липидным ядром выявляются в 44 % случаев. А при развитии внутрибляшечных геморрагий, но без нарушений эндотелиальной целостности бляшки — ни в одном из наших случаев бляшка не сопровождалась разрывом интимы и тромбозом — такие нарушения цереброваскулярной реактивности в условиях гиперкапнической нагрузки отмечались у всех пациентов. Наличие внутрибляшечных геморрагий с повреждениями интимы уже однозначно расцениваются как показание к хирургическому вмешательству [2, 8]. Нарушение цереброваскулярного сосудистого резерва, определяемое при функциональной пробе с гиперкапнией, представляет собой доказательство гемодинамической значимости бляшки и, вследствие этого, вероятно, необходимости проведения КЭЭ [3, 8]. Ранее показано, что интенсивно контрастируемые парамагнетиком каротидные бляшки ассоциированы с высоким риском развития ишемических цереброваскулярных нарушений [7]. Полученные нами данные показывают, что при атеросклеротическом стенозе внутренней сонной артерии (ВСА) внутрибляшечные геморрагии даже и без повреждения эндотелия сосуда сопровождаются критическим нарушением цереброваскулярной реактивности, оце-

ниваемой по кровотоку в СМА. Следовательно, обоснованно считать визуально определяемые при МРТ внутрибляшечные геморрагии критическим фактором риска, требующим удаления такой бляшки открытой КЭЭ или интервенционным методом (внутрисосудистым баллонированием и стентированием). Практически крайне важно, что выявление таких осложненных бляшек возможно в ходе обычного МРТ-исследования головного мозга, с охватом в поле зрения области каротидной бифуркации, с получением МР-томосрезов этой области в T1- и T2-взвешенных спин-эхо режимах тонкими срезами по 1–2,5 мм, что доступно сегодня абсолютно на всех современных рутинных МР-томографах.

Таким образом, проведение МРТ-исследования области общей и внутренней сонных артерий может быть рекомендовано в качестве скринингового у всех пациентов, входящих в группу риска по данной патологии. Однако для выявления реальной значимости такого скринингового применения необходимо статистически более обширное, вероятно, меж- или многоцентровое, исследование.

## ВЫВОДЫ

1. Гемодинамически значимые атеросклеротические бляшки с микрогеморрагиями и без нарушения поверхности эндотелия вызывают патологические изменения реактивности артерий головного мозга, которые наблюдаются у 100 % таких пациентов. При наличии бляшек с преоб-

ладанием липидного ядра патологические варианты реактивности кровотока средней мозговой артерии отмечаются лишь в 44 % случаев.

2. Функциональная проба с гиперкапнией наиболее информативна для выявления функциональных нарушений кровотока головного мозга при атеросклеротических поражениях сонных артерий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин Ю.П., Николаев К.Ю., Рагино Ю.И., Малютина С.К., Журавская Э.Я. Эндотелиальная дисфункция, гипертония, атеросклероз. Новосибирск, 2014.
2. Parmar J.P., Rogers W.J., Mugler J.P., et al. Magnetic resonance imaging of carotid atherosclerotic plaque in clinically suspected acute transient ischemic attack and acute ischemic stroke // *Circulation*. 2010. Vol. 122 (20). P. 2031–2038.
3. Грацианов Д.А. Влияние тренировки к холестерину на развитие экспериментального атеросклероза. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1982.
4. Carlier S., Kakadiaris I., Dib N. et al. Vasa vasorum imaging: A new window to the clinical detection of vulnerable atherosclerotic plaques // *Current. Atheroscler. Rep.* 2005. Vol. 7 (2). P. 164–169.
5. Рагино Ю.И. Факторы и механизмы коронарного атеросклероза и его осложнений // *Атеросклероз*. 2012. Т. 8, № 1. С. 61–64.
6. Абрамова Н.Н. Магнитно-резонансная томография и магнитно-резонансная ангиография в визуализации сосудистых структур // *Вестн. рентгенологии и радиологии*. 1997. № 2. С. 50–54.
7. Бобрикова Е.Э., Щербань Н.В., Ханеев В.Б. и др. Оценка состояния атеросклеротических бляшек брахиоцефальных артерий средствами высокоразрешающей контрастированной МРТ: взаимосвязь с ишемическим повреждением головного мозга // *Мед. визуализация*. 2013. № 1. С. 26–31.
8. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий. Российский согласительный документ. М., 2013. 72 с.
9. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. М.: Реальное время, 2003. 324 с.
10. Cai J.M., Ferguson M.S., Polissar N. et al. Classification of human carotid atherosclerotic lesion using in Vivo multi-contrast MR imaging // *Circulation*. 2002. Vol. 106. P. 1368–1373.
11. Страденъ Е.Ю., Шария М.А., Тарарак Э.М., Устюжанин Д.В. Применение магнитно-резонансной томографии в определении стабильности атеросклеротической бляшки // *Рос. электронный журн. лучевой диагностики*. 2013. Т. 3, № 1(9). С. 57–62.

#### RELATIONSHIP OF MRI PATTERN OF CAROTID ATHEROSCLEROTIC PLAQUE TO CEREBROVASCULAR REACTIVITY IN CAROTID STENOSIS

A.S. Maksimova, E.E. Bobrikova, M.P. Plotnikov, Yu.V. Rogovskaya,  
I.L. Bukhovets, M.S. Kuznetsov, W.Yu. Usov

FSBSI «Research Institute for Cardiology»  
634012, Tomsk, Kievskaya str., 111a

The aim of the study was to compare the structure of atherosclerotic plaques visualized using MRI with cerebral vascular reactivity detected by ultrasound in patients with carotid atherosclerosis. Materials and methods. The patients' population comprised 21 persons (mean age  $64 \pm 13$ ) with hemodynamically significant carotid artery stenosis for over 70 % of lumen. All patients underwent MR imaging of the carotid arteries. To assess the cerebrovascular reactivity transcranial ultrasound of middle cerebral artery was done and blood flow parameters were determined during the stress tests: test with breath holding and hyperventilation. Results and discussion. It was found that at test with breath holding there is a statistically significant association between MRI plaque structure and direction of the reaction ( $p = 0.081$ ), whereas at the test with hyperventilation no significant differences were found. At tests with breath holding in 56 % patients with MR images of plaque hypointense on T1-weighted scans and hyperintense on T2-weighted ones unidirectional positive response was observed; unidirectional negative response or multidirectional response were observed in patients with MR images of plaque hyperintense on T1-weighted scans and hypointense on T2-weighted ones. Conclusion. Atherosclerotic lesions of the internal carotid artery with intra-plaque hemorrhage are accompanied by critical deterioration of cerebrovascular reactivity. Thus, every hemorrhage to carotid plaque is critical risk factor and requires removal of the plaque by carotid endarterectomy. Such study may be suggested as a screening test in all patients of risk groups of atherosclerosis.

**Keywords:** carotid atherosclerosis, carotid arteries, MRI, stroke risk, cerebrovascular reactivity.

Статья поступила 21 сентября 2015 г.