



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья
УДК 616-08-06
<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-5-26-38>

Изменения церебральной перфузии по данным однофотонной эмиссионной компьютерной томографии после аортокоронарного шунтирования и симультанных вмешательств на каротидных и коронарных артериях

А. А. Короткевич*, С. Е. Семенов, О. В. Малева, О. А. Трубникова

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Россия

Реферат

Целью исследования были сравнение и оценка состояния перфузии головного мозга по данным ОФЭКТ после проведения аортокоронарного шунтирования (АКШ) и симультанного хирургического вмешательства на каротидных и коронарных артериях.

Изучены данные перфузии головного мозга у 34 кардиохирургических пациентов, которым выполнялась хирургическая коррекция в условиях искусственного кровообращения (ИК): симультанное вмешательство на коронарных и каротидных артериях ($n = 21$) и аортокоронарное шунтирование ($n = 13$). Исследование головного мозга осуществлялось методом ОФЭКТ с радиофармпрепаратом ^{99m}Tc -НМРАО («Церетек»).

В группе с АКШ отмечалось статистически значимое снижение показателей рМК в области хвостатого ядра справа, в обеих затылочных и теменных долях ($p = 0,004193$). В группе с симультанными вмешательствами выявлено значимое снижение показателей рМК в правой затылочной и левой теменной долях ($p = 0,020672$), увеличение показателей в левой височной доле ($p = 0,011286$).

* **Короткевич Алексей Алексеевич**, младший научный сотрудник лаборатории лучевых методов диагностики, врач-радиолог лаборатории радионуклидных и томографических методов диагностики отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

Адрес: 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6.

Телефон: +7 (913) 300-25-56. Электронная почта: koroaa@kemcardio.ru

ORCID.org/0000-0002-2835-7779

Korotkevich Aleksey Alekseevich, junior researcher of the Radiologic Diagnosis Laboratory, radiologist at the Radiology Department, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases".

Address: 6, Sosnoviy bul., Kemerovo, Russia.

Phone number: +7 (913) 300-25-56. E-mail: koroaa@kemcardio.ru.

ORCID.org/0000-0002-2835-7779

© А. А. Короткевич, С. Е. Семенов, О. В. Малева, О. А. Трубникова.

Показатели рМК в группе с симультанными вмешательствами значимо ниже показателей в группе с АКШ как в дооперационном, так и в послеоперационном периоде.

Полученные данные свидетельствуют, что пациенты с сочетанным атеросклеротическим поражением коронарных и каротидных артерий имеют значимо более низкие показатели рМК в сравнении с пациентами с изолированными изменениями коронарных артерий.

Аортокоронарное шунтирование и симультанные оперативные вмешательства на каротидных и коронарных артериях в условиях искусственного кровообращения могут сопровождаться значимым снижением регионарного мозгового кровотока в отдельных зонах головного мозга, и изменения эти в группе АКШ прослеживаются в большем числе анализируемых зон.

Ключевые слова: однофотонная эмиссионная компьютерная томография, аортокоронарное шунтирование, симультанное хирургическое вмешательство, регионарный мозговой кровоток, искусственное кровообращение.

Финансирование исследования и конфликт интересов

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ORIGINAL RESEARCH

Original research

Changes in Cerebral Perfusion According to Single Photon Emission Computed Tomography after Coronary Artery Bypass Grafting and Simultaneous Interventions on the Carotid and Coronary Arteries

A. A. Korotkevich*, S. E. Semenov, O. V. Maleva, O. A. Trubnikova

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russia

Abstract

Goal of investigation was comparison and assessment of the state of cerebral perfusion according to SPECT data after coronary artery bypass grafting and simultaneous surgical intervention on the carotid and coronary arteries.

Brain perfusion data were studied in 34 cardiac surgical patients who underwent surgical correction under conditions of cardiopulmonary bypass: simultaneous intervention on the coronary and carotid arteries ($n = 21$) and coronary artery bypass grafting ($n = 13$). The study of the brain was carried out by SPECT with the radiopharmaceutical ^{99m}Tc -HMPAO (Ceretek).

In the group with CABG, there was a statistically significant decrease in the CBF values in the region of the caudate nucleus on the right, in both occipital and parietal lobes ($p = 0.004193$). In the group with simultaneous interventions, a significant decrease in the CBF indices in the right occipital and left parietal lobes ($p = 0.020672$), an increase in the indices in the left temporal lobe ($p = 0.011286$) was revealed.

CBF indicators in the group with simultaneous interventions are significantly lower than those in the group with CABG both in the preoperative and postoperative periods.

The data obtained indicate that patients with combined atherosclerotic lesions of the coronary and carotid arteries have significantly lower values of the CBF in comparison with patients with isolated changes in the coronary arteries.

Coronary artery bypass grafting and simultaneous surgical interventions on the carotid and coronary arteries under cardiopulmonary bypass may be accompanied by a significant decrease in regional cerebral blood flow in certain areas of the brain, and these changes in the CABG group can be traced in a larger number of analyzed areas.

Key words: Single Photon Emission Computed Tomography, Coronary Artery Bypass Grafting, Simultaneous Surgery, Cerebral Blood Flow, Cardiopulmonary Bypass..

Key words: Single Photon Emission Computed Tomography, Coronary Artery Bypass Grafting, Simultaneous Surgery, Cerebral Blood Flow, Cardiopulmonary Bypass.

Research funding and conflicts of interest

The study was not funded by any sources. The authors declare that this work, its theme, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the development of the concept, preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

Одной из основных проблем современной кардиохирургии являются неврологические осложнения, представленные в форме транзиторной ишемической атаки, инсульта и гипоксической энцефалопатии или изменений функционального состояния головного мозга, проявляющихся в виде преходящих или стойких нарушений высших корковых функций [8]. С одной стороны, они обусловлены патологическими изменениями структуры головного мозга уже в дооперационном периоде на фоне нарушений гемодинамики и перфузии за счет атеросклеротического поражения коронарных и каротидных артерий, нарушения насосной функции сердца [17], что, несомненно, повышает риски в ходе оперативного вмешательства, с другой стороны — влиянием различных факторов, возникающих в ходе оперативного вмешательства, таких как микроэмболии, системная воспалительная реакция, гипоперфузия, контактная активация клеток крови, периоперационные периоды гемодинамической нестабильности, которые

влияют на состояние головного мозга самостоятельно и также усугубляют уже существующие изменения [5, 3]. С течением времени хирургические подходы к коррекции атеросклеротического поражения сосудистого русла и методики проведения перфузии претерпевают изменения, совершенствуются, однако проблема возникновения неврологических осложнений и их диагностики в послеоперационном периоде по-прежнему сохраняет свою актуальность [13, 14]. Оценка состояния пациента с целью выявления факторов риска послеоперационных неврологических осложнений имеет комплексный подход, требует тщательной предоперационной оценки состояния неврологических функций и церебральной гемодинамики [4], и здесь важную роль, помимо нейропсихологического тестирования, играют методы лучевой диагностики, которые позволяют выявить как морфологические изменения, так и изменения функции головного мозга [12], что позволяет прогнозировать развитие осложнений и принимать меры по их медикаментозной профилактике,

а также своевременно диагностировать вновь возникшие изменения [10, 19]. Одним из таких методов диагностики является однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), которая, по мнению ряда авторов, доказала свою значимость в ведении пациентов кардио- и ангиохирургического профиля [2, 20].

Цель: анализ послеоперационной динамики и сравнение показателей регионарного мозгового кровотока (рМК), полученных методом ОФЭКТ, у пациентов после АКШ и симультанного хирургического вмешательства на каротидных и венечных артериях.

Материал и методы

В ходе исследования были изучены показатели рМК у 34 пациентов, которые были разделены на 2 группы в зависимости от типа оперативного вмешательства. В первую группу ($n = 21$) вошли пациенты с гемодинамически значимыми стенозами внутренних сонных и коронарных артерий, которым произвели одномоментное вмешательство на каротидном и коронарном русле в условиях искусственного кровообращения (ИК). Во вторую группу ($n = 13$) включили пациентов с гемодинамически значимыми стенозами коронарных артерий, которым осуществлялось шунтирование в условиях ИК, значимого сужения каротидных артерий в данной группе не отмечалось.

В 1-й группе средний возраст пациентов составлял $63,3 \pm 7,1$ года, из них 19 % были представлены женщинами ($n = 4$) и 81 % — мужчинами ($n = 17$). Клиника стенокардии 2 ФК прослеживалась у 14 пациентов (67 %), у 5 пациентов (24 %) — 3 ФК, у 2 пациентов (9 %) присутствовала безболевого ишемия миокарда. У 17 обследуемых (81 %) в анамнезе имелось указание на перенесенный инфаркт миокарда. У 15 пациентов (71 %) наблюдалась клиника ХСН I ФК 2 и у 6 пациен-

тов (19 %) — ХСН IIa ФК 2. У 6 пациентов (29 %) в анамнезе имелась перенесенная ОНМК, у 3 из них на момент исследования по данным КТ и МРТ кистозно-глиозных изменений в структуре головного мозга не было выявлено, у 2 пациентов определялись лакунарные кисты в области правого таламуса, у 1 обследуемого визуализировалась зона кистозно-глиозной трансформации в правой лобно-теменной области.

Вторая группа представлена пациентами мужского пола в возрасте $60,2 \pm 5,2$ года. У 7 пациентов (54 %) имелась стенокардия 2 ФК, у 3 пациентов (23 %) — 3 ФК, у 3 пациентов (23 %) — безболевого ишемия миокарда. У 9 обследуемых (69 %) присутствовал постинфарктный кардиосклероз. У всех пациентов наблюдалась клиника ХСН I ФК 2.

В качестве метода нейровизуализации была выбрана однофотонная эмиссионная компьютерная томография с применением радиофармацевтического препарата ^{99m}Tc -НМРАО («Церетек»). Исследование проводили по стандартной методике на аппарате Discovery NM/CT 670 (GE Medical Systems, Israel) с применением низкоэнергетических коллиматоров высокого разрешения (LEHR), время на проекцию 30 с, матрица 128×128 . Исследование у всех пациентов в обеих группах выполнялось до и после (на 5–7-е сутки) оперативного вмешательства. Программная обработка полученных данных происходила с использованием итеративного фильтра OSEM/MLEM.

Изучались показатели рМК в области хвостатых ядер и таламусов, в корковых зонах лобных, височных, затылочных, теменных долей на аксиальных срезах, последовательно охватывающих весь головной мозг. Референсной зоной для расчета показателей рМК в зонах интереса выступал мозжечок, пациенты с постишемическими изменениями

в данной локализации были исключены из исследования. Накопление индикатора в корковых зонах в аксиальном срезе оценивали по 8-сегментарной модели (рис. 1).

Для преобразования данных радионуклидной диагностики в значения рМК в мл/100г/мин применялась трехкомпонентная модель кинетики N. Lassen и др. [18].

Полученные результаты в работе представлены как среднее арифметическое число и стандартное отклонение, данные анализировали с помощью непараметрической статистики в программе STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc.). Различия между зависимыми выборками до и после оперативного вмешательства оценивали посредством критерия Вилкоксона. Для оценки различия между двумя независимыми выборками использовали критерий Манна – Уитни. Уровень значимости p принимали равным менее 0,05.

Результаты

В первой группе сравнительный анализ динамики показателей регионар-

ного мозгового кровотока в дооперационном и послеоперационном периоде продемонстрировал ряд статистически значимых изменений (табл. 1): отмечалось снижение показателей рМК в правой затылочной доле ($p = 0,048626$) и в верхнем отделе левой теменной доли ($p = 0,020672$), а также увеличение в левой височной доле ($p = 0,011286$).

Во второй группе анализ дооперационных и послеоперационных показателей перфузии выявил следующие статистически значимые изменения (табл. 2): снижение показателей рМК в правой затылочной доле ($p = 0,018604$), в левой затылочной доле ($p = 0,018467$), в правой теменной доле ($p = 0,004193$), в левой теменной доле ($p = 0,036032$), в области хвостатого ядра справа ($p = 0,049861$).

Объем головного мозга, в котором отмечалось значимое снижение показателей рМК (рис. 1) в послеоперационном периоде в сравнении с дооперационным периодом, в 1-й группе составлял 2 % от общего числа анализируемых зон, во 2-й группе – 25,5 % от общего числа анализируемых зон.

Таблица 1

Показатели рМК в изучаемых зонах головного мозга в группе с симультанными вмешательствами на каротидных и коронарных артериях, мл/100г/мин

| Зоны | Правое полушарие | | Левое полушарие | |
|--------------------------------|------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| | до операции | после операции | до операции | после операции |
| Височная доля | 44,14 ± 4,98 | 45,57 ± 4,55 $p = 0,286236$ | 44,86 ± 3,31 | 46,95 ± 3,56 $p = 0,011286$ |
| Лобная доля | 46,86 ± 5,21 | 45,57 ± 4,55 $p = 0,681323$ | 44,86 ± 5,01 | 44,9 ± 3,59 $p = 0,930756$ |
| Теменная доля (верхние отделы) | 43,52 ± 5 | 41,43 ± 5,33 $p = 0,089421$ | 42,71 ± 4,5 | 40,67 ± 4,33 $p = 0,020672$ |
| Затылочная доля | 50,47 ± 6,26 | 47,81 ± 4,83 $p = 0,048626$ | 48,24 ± 6,98 | 46,33 ± 4,8 $p = 0,197755$ |
| Таламус | 62,71 ± 9,05 | 63,57 ± 10,15 $p = 0,810697$ | 63,48 ± 7,72 | 62,43 ± 7,03 $p = 0,108810$ |
| Хвостатое ядро | 59,95 ± 8,19 | 63,81 ± 9,08 $p = 0,285980$ | 61,57 ± 8,9 | 63,05 ± 8,95 $p = 0,432617$ |

Таблица 2

Показатели рМК в изучаемых зонах головного мозга в группе с аортокоронарным шунтированием, мл/100г/мин

| Зоны | Правое полушарие | | Левое полушарие | |
|-----------------|------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| | до операции | после операции | до операции | после операции |
| Височная доля | 47,46 ± 4,35 | 48 ± 5,12 p = 0,844519 | 47,62 ± 4,94 | 48,23 ± 3,98 p = 0,875329 |
| Лобная доля | 51,77 ± 6,5 | 49,7 ± 5,74 p = 0,373945 | 49,46 ± 5,11 | 47,31 ± 4,39 p = 0,136098 |
| Теменная доля | 49 ± 5,2 | 44,69 ± 3,61 p = 0,004193 | 45,62 ± 5,42 | 42,15 ± 4,3 p = 0,036032 |
| Затылочная доля | 57,69 ± 5,56 | 53,85 ± 6,54 p = 0,018604 | 56 ± 6,87 | 50,69 ± 5,84 p = 0,018467 |
| Таламус | 67,85 ± 10,75 | 63,31 ± 9,08 p = 0,132958 | 66,69 ± 10,44 | 62,85 ± 7,4 p = 0,208414 |
| Хвостатое ядро | 67 ± 11,75 | 62,08 ± 10,38 p = 0,049861 | 66,15 ± 11,52 | 65,77 ± 10,12 p = 0,833936 |

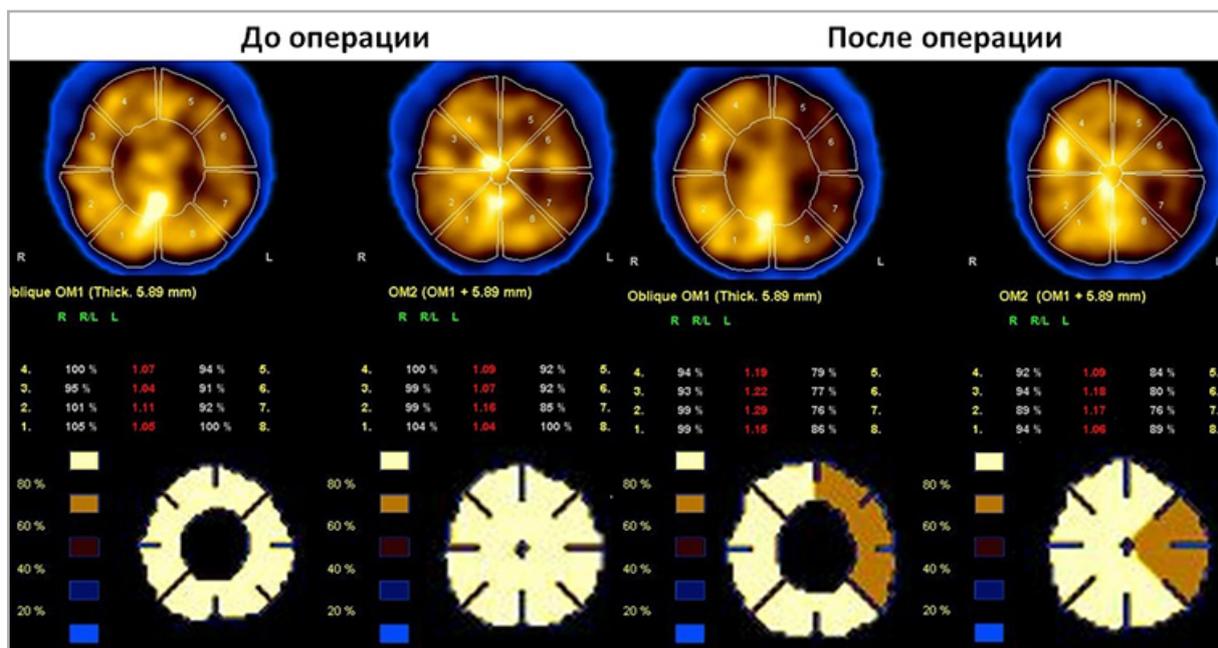


Рис. ОФЭКТ головного мозга. Распределение индикатора в аксиальном срезе по 8-сегментарной модели. Снижение показателей рМК в верхних отделах левой теменной и лобной доли у пациента после АКШ

Оценка различий показателей рМК между группами с симультанными вмешательствами и АКШ в дооперационном периоде выявила статистически значимо более низкие показатели рМК в 1-й группе в правой лобной (p =

0,016753), левой лобной (p = 0,006358), правой височной (p = 0,009682), левой височной (p = 0,016753), правой затылочной (p = 0,006358), левой затылочной (p = 0,004334), правой теменной (p = 0,000451), левой теменной долях

($p = 0,014475$), в области хвостатого ядра справа ($p = 0,049203$), причем число сегментов, в которых регистрировались различия, составляло 62 % от общего числа анализируемых зон.

При сравнении показателей рМК в 1-й и 2-й группах в послеоперационном периоде были выявлены статистически значимо более низкие показатели рМК в группе симультанных вмешательств в правой теменной доле ($p = 0,013779$), в левой теменной доле ($p = 0,036540$), причем число сегментов, в которых регистрировались различия, составляло 9 % от общего числа анализируемых зон и все эти сегменты совпадали по локализации с изменениями, выявленными до операции.

Следует отметить, что в первой группе, где присутствовали пациенты с ОНМК в анамнезе, участки кистозно-глиозных изменений затрагивали только 6 сегментов, что составляет 6 % от общего числа анализируемых зон, из них в дооперационном периоде в пяти сегментах правой теменной доли показатели рМК были статистически значимо ниже, чем во 2-й группе, в то же время после операции значимо более низкие показатели определялись в данной локализации только в 1-м сегменте.

Анализ различий показателей РМК между первой и второй группой (при исключении из первой группы 6 пациентов с ОНМК в анамнезе) выявил аналогичные изменения. Так, в дооперационном периоде значения рМК в группе с симультанными вмешательствами были статистически значимо ниже в правой и левой теменных ($p = 0,001164$), правой и левой затылочных ($p = 0,006128$), правой и левой лобных ($p = 0,009890$), правой и левой височных долях ($p = 0,018808$), изменения определялись в 53 % сегментов от общего числа анализируемых зон. В послеоперационном периоде значимо более низкие показатели рМК прослеживались в правой и левой теменных долях ($p = 0,007043$), измене-

ния определялись только в 5 % сегментов от общего числа анализируемых зон.

Обсуждение

В последние десятилетия атеросклероз занимает одну из лидирующих позиций в перечне причин смертности. Особое значение имеет проблема сочетанного атеросклеротического поражения коронарных и каротидных артерий в силу основополагающей роли тех органов, которые страдают при нарушениях гемодинамики в этих сосудистых бассейнах. Несмотря на это, и по сегодняшний день сохраняются разногласия в унификации выбора оптимальной хирургической тактики у данной группы пациентов, а ряд исследователей указывает на необходимость совершенствования именно персонифицированного подхода к пациентам, поэтому особую роль играет полноценный сбор объективных данных, в том числе информация о состоянии морфологии и функции головного мозга [6, 15]. Полученные нами данные о значимом снижении значений показателей перфузии головного мозга в отдельных зонах в послеоперационном периоде как в группе с АКШ, так и в группе с симультанными вмешательствами соотносятся с данными, встречающимися в литературе [1], и если судить по числу сегментов, в которых прослеживалась подобная динамика показателей, то в группе с АКШ послеоперационные изменения затрагивали куда больший объем головного мозга. Интересен тот факт, что в группе симультанных вмешательств показатели рМК уже на дооперационном этапе были значимо ниже, причем это прослеживалось в большей части изучаемых отделов головного мозга. Как известно, мозговой кровотока поддерживается на постоянном уровне за счет механизмов ауторегуляции, и их адекватное функционирование позволяет компенсировать гемодинамические нарушения, обусловленные разнообразными причинами

[16]. В литературе встречаются данные, что на фоне длительно существующих гемодинамически значимых стенозов сонных артерий могут возникнуть нарушения механизмов ауторегуляции, которые могут привести к снижению церебрального перфузионного давления вплоть до нижнего предела ауторегуляции [11], что, возможно, является одной из причин подобной разницы между 1-й и 2-й группами в дооперационном периоде. В послеоперационном периоде отмечалось существенное уменьшение числа областей, в которых прослеживалась значимая разница между группами, т. е. в большинстве сегментов у пациентов в группе АКШ показатели рМК снизились и стали близки к значениям показателей в группе симультанных вмешательств, что может свидетельствовать в пользу периоперационного воздействия некоего «глобального» фактора, приводящего к гипоперфузии головного мозга во время ИК (низкая объемная скорость перфузии, гипотермическая перфузия, выраженная интраоперационная артериальная гипотензия, окклюзионные заболевания сосудов головного мозга, неправильная установка аортальной канюли, утрата пульсирующего компонента крови), а не локального (по типу эмболии), так как отмечается именно диффузное снижение значений показателей перфузии [9]. В то же время в группе симультанных вмешательств подобного диффузного снижения не отмечалось, хотя имелись те же периоперационные факторы воздействия, что, возможно, в определенной степени обусловлено увеличением кровотока по сонным артериям. Так, некоторые исследователи в своих работах отмечают, что после проведения каротидной эндартерэктомии может возникнуть реперфузионный синдром, обусловленный усилением кровотока в бассейне суженной в дооперационном периоде артерии и сопровождающийся увеличением перфузии, превышающим

метаболические потребности мозга [7], в пользу чего может говорить значимое увеличение показателей перфузии в левой височной доле слева в 1-й группе. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на то что показатели рМК в группе с симультанными вмешательствами изначально были значимо ниже, чем в группе с АКШ, влияние периоперационных факторов риска на перфузию головного мозга оказалось более выраженным в группе с АКШ.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют, что пациенты с сочетанным атеросклеротическим поражением коронарных и каротидных артерий имеют значимо более низкие показатели рМК в сравнении с пациентами с изолированными изменениями коронарных артерий.

Аортокоронарное шунтирование и симультанные оперативные вмешательства на каротидных и коронарных артериях в условиях искусственного кровообращения могут сопровождаться значимым снижением регионарного мозгового кровотока в отдельных зонах головного мозга, и изменения эти в группе АКШ прослеживаются в большем числе анализируемых зон.

Исследование в рамках фундаментальной темы НИИ КПССЗ «Разработка инновационных моделей управления риском развития болезней системы кровообращения с учетом коморбидности на основе изучения фундаментальных, клинических, эпидемиологических механизмов и организационных технологий медицинской помощи в условиях промышленного региона Сибири (научный руководитель — академик РАН О. Л. Барбараш)».

Литература

1. Алексеева Т. М., Портник О. А. Особенности диагностики послеоперационной когнитивной дисфункции

- у пациентов после кардиохирургических вмешательств (обзор литературы) // *Consilium medicum*. 2018. Т. 20. № 10. С. 86–90. DOI: 10.26442/2075-1753_2018.10.86-90
2. *Асланиди И. П., Пышкина Л. И., Сергуладзе Т. Н.* Современные возможности исследования мозгового кровообращения и уровня церебральной перфузии у больных с окклюзирующими поражениями брахиоцефальных артерий // *Вестник Российского государственного медицинского университета*. 2012. Т. 4. С. 32–37.
 3. *Доян Ю. И., Кичерова О. А., Рейхерт Л. И., Граф Л. В.* Синдром послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов после кардиохирургических вмешательств: патогенетические и клинические аспекты // *Научный форум. Сибирь*. 2019. Т. 5. № 1. С. 75–76.
 4. *Дюба Д. Ш.* Неврологические осложнения аортокоронарного шунтирования в раннем и отдаленном периодах // *Университетская клиника*. 2017. Т. 13. № 2. С. 181–185.
 5. *Ибрагимов М. С., Мацкеплишвили С. Т.* Факторы риска у пациентов кардиохирургического профиля с поражением церебральных артерий // *Бюллетень НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания*. 2013. Т. 14. № 3. С. 13–18.
 6. *Каримов Ш. И., Суннатов Р. Д., Ирнараров А. А., Юлбарисов А. А., Асраров У. А., Алиджанов Х. К., Муминов Р. Т., Цай В. Э., Муродов А. М.* Принципы хирургического лечения больных с сочетанными поражениями каротидных и коронарных артерий // *Вестник экстренной медицины*. 2018. Т. 11. № 2. С. 75–81.
 7. *Кокшин А. В., Немировский А. М., Данилов В. И.* Синдром церебральной гиперперфузии у пациентов со стенозирующими и окклюзирующими поражениями внутренних сонных артерий после хирургического лечения. Обзор литературы // *Неврологический вестник*. 2018. Т. 50. № 4. С. 44–51.
 8. *Левин О. С., Чимагомедова А. Ш., Шрадер Н. И.* Когнитивные нарушения как осложнения коронарного шунтирования: от патогенеза к профилактике и лечению // *Современная терапия в психиатрии и неврологии*. 2017. Т. 4. С. 20–25.
 9. *Мороз В. В., Корниенко А. Н., Мозалёв А. С., Парфенюк А. В., Шахмаева С. В.* Проблема повреждения головного мозга при кардиохирургических вмешательствах в условиях искусственного кровообращения // *Общая реаниматология*. 2008. Т. 4. № 4. С. 16–20.
 10. *Рахимова Р. А., Алимов Д. А.* Современные хирургические подходы к лечению сочетанного атеросклеротического поражения коронарных и сонных артерий // *Вестник экстренной медицины*. 2021. Т. 14. № 3. С. 115–123. DOI: 10.54185/ТВЕМ/vol14_iss3/a3
 11. *Сементюгин В. Б., Алиев В. А., Никифорова А. А., Свистов Д. В., Савелло А. В., Панунцев Г. К.* Роль ауторегуляции мозгового кровотока в хирургии стенозов внутренних сонных артерий // *Вестник хирургии им. И. И. Грекова*. 2018. Т. 177. № 6. С. 81–86. DOI: 10.24884/0042-4625-2018-177-6-81-86
 12. *Семенов С. Е., Хромов А. А., Портнов Ю. М., Нестеровский А. В.* Исследование перфузии при нарушениях церебрального кровообращения. Часть I (история, основные постулаты и методы изучения). Обзор // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2016. Т. 5. № 1. С. 95–102. DOI: 10.17802/2306-1278-2016-1-95-102
 13. *Сырова И. Д., Коваленко А. В.* Являются ли малые и умеренные стенозы сонных артерий фактором риска цереброваскулярных осложнений у пациентов при выполнении коронарного шунтирования? // *Атеросклероз и дислипидемии*. 2018. Т. 3. № 32. С. 5–12.
 14. *Сырова И. Д., Тарасова И. В., Трубникова О. А., Соснина А. С., Ложкина О. А., Белик Е. В., Дылева Ю. А., Темникова Т. Б.,*

- Фролов А. В., Груздева О. В., Барбараш О. Л. Возможности когнитивной реабилитации с использованием метода двойных задач у пациентов в раннем послеоперационном периоде коронарного шунтирования // *CardioСоматика*. 2021. Т. 12. № 4. С. 200–205.
15. Тарасов Р. С., Казанцев А. Н., Казан Е. С., Глинчиков К. Е., Барбараш Л. С. Модель персонифицированного выбора стратегии ревааскуляризации у пациентов с симультанным поражением каротидных и коронарных артерий: прогнозирование госпитальных исходов // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2017. Т. 6. № 4. С. 60–70.
16. Товажнянская Е. Л., Дубинская О. И., Безуглая И. О., Наврузов М. Б. Нарушение ауторегуляции мозгового кровотока как фактор развития мозговых дисциркуляций при сахарном диабете 2 типа // *Международный неврологический журнал*. 2012. Т. 4. № 50. С. 43–47.
17. Цыган Н. В., Одинак М. М., Хубулава Г. Г., Цыган В. Н., Пелешок А. С., Андреев Р. В., Курасов Е. С., Литвиненко И. В. Послеоперационная мозговая дисфункция // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2017. Т. 117. № 4. С. 34–39. DOI: 10.17116/jnevro20171174134-39
18. Lassen N. A., Andersen A. R., Friberg L., Paulson O. B. The retention of [^{99m}Tc]-d,l-HM-PAO in the human brain after intracarotid bolus injection: a kinetic analysis. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 1988. V. 8. P. 13–22. DOI: 10.1038/jcbfm.1988.28
19. Tomoeda H., Mikasa K., Chihara S., Sawada K., Tanaka H. Prediction of postoperative cerebral infarction after cardiovascular surgery using quantitative measurement of cerebral blood flow with brain single-photon emission computed tomography. *Ann Vasc. Dis*. 2018. V. 11. No. 4. P. 511–519. DOI: 10.3400/avd.oa.18-00116
20. Tsuda K., Shiya N., Washiyama N., Yamashita K., Ohkura K., Takahashi D., Kando Y., Natsume K., Yamanaka K., Takeuchi Y. Carotid stenosis with impaired brain flow reserve is associated with an increased risk of stroke in on-pump cardiovascular surgery. *Interact Cardiovasc. Thorac. Surg*. 2018. V. 27. No. 1. P. 75–80. DOI: 10.1093/icvts/ivy049

References

1. Alekseeva T. M., Portik O. A. Diagnostic features of postoperative cognitive dysfunction in patients after cardiosurgical interventions (literature review). *Consilium medicum*. 2018. V. 20. No. 10. P. 86–90 (in Russian). DOI: 10.26442/2075-1753_2018.10.86-90
2. Aslanidi I. P., Pyshkina L. I., Serguladze T. N. Present capabilities of brain circulation evaluation and level of cerebral perfusion in patients with brachiocephalic arteries occlusive disease. *Bulletin of Russian State Medical University*. 2012. V. 4. P. 32–37 (in Russian).
3. Doyan Yu. I., Kicherova O. A., Reikher L. I., Graf L. V. Syndrome of postoperative cognitive dysfunction in patients after cardiac surgery: pathogenetic and clinical aspects. *Scientific forum. Siberia*. 2019. V. 5. No. 1. P. 75–76 (in Russian).
4. Dyuba D. Sh. Neurological complications of coronary artery bypass grafting in the early and remote periods. *Universiti clinic*. 2017. V. 13. No. 2. P. 181–185 (in Russian).
5. Ibragimov M. S., Matskeplishvili S. T. Risk factors in patients of cardiac surgery profile with lesion of cerebral arteries. *Byulleten' NTSSSKH im. A.N. Bakuleva RAMN «Serdechno-sosudistyye zabolovaniya»*. 2013. V. 14. No. 3. P. 13–18 (in Russian).
6. Karimov Sh. I., Sunnatov R. D., Irmazarov A. A., Yulbarisov A. A., Asrarov U. A., Alijanov X. K., Muminov R. T., Tsay V. E., Murodov A. M. Principles of surgical treatment at patients with coexisting atherosclerotic lesions of the carotid and coronary arteries. *The bulletin of emergency medicine*. 2018. V. 11. No. 2. P. 75–81 (in Russian).

7. *Kokshin A. V., Nemirovsky A. M., Danilov V. I.* Cerebral hyperperfusion syndrome in patients with stenotic and occlusive lesion internal carotid arteries after surgery. Literature review. *Nevrologicheskiy vestnik*. 2018. V. 50. No. 4. P. 44–51 (in Russian).
8. *Levin O. S., Chimagomedova A. Sh., Schrader N. I.* Cognitive disorders as complications of aortocoronary shunting: from pathogenesis to prevention and treatment. *Sovremennaya terapiya v psikiatrii i nevrologii*. 2017. V. 4. P. 20–25 (in Russian).
9. *Moroz V. V., Korniyenko A. I., Mozalev A. S., Parfenyuk A. V., Shakhmayeva S. V.* Problem of Brain Injury during Cardiosurgical Interventions Under Extracorporeal Circulation. *General Reanimatology*. 2008. V. 4. No. 4. P. 16–20 (in Russian).
10. *Rakhimova R. A., Alimov D. A.* Modern surgical approaches to the treatment of combined atherosclerotic damage of the coronary and carotid arteries. *The bulletin of emergency medicine*. 2021. V. 14. No. 3. P. 115–123 (in Russian). DOI: 10.54185/TBEM/vol14_iss3/a3
11. *Semeniutin V. B., Aliev V. A., Nikiforova A. A., Svistov D. V., Savello A. V., Panuntsev G. K.* Role of cerebral blood flow autoregulation in internal carotid artery stenosis surgery. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2018. V. 177. No. 6. P. 81–86 (in Russian). DOI: 10.24884/0042-4625-2018-177-6-81-86
12. *Semenov S. E., Khromov A. A., Portnov Yu. M., Nesterovskiy A. V.* The cerebral perfusion of circulation disturbances. Part I (history, the basic postulates and methods of research). Review. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2016. V. 5. No. 1. P. 95–102 (in Russian). DOI: 10.17802/2306-1278-2016-1-95-102
13. *Syrova I. D., Kovalenko A. V.* Are small and moderate stenosis of carotid arteries the risk factors for cerebrovascular complications in patients in coronary artery bypass grafting? *The Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias*. 2018. V. 3. No. 32. P. 5–12 (in Russian).
14. *Syrova I. D., Tarasova I. V., Trubnikova O. A., Sosnina A. S., Lozhkina O. A., Belik E. V., Dyleva Yu. A., Temnikova T. B., Frolov A. V., Gruzdeva O. V., Barbarash O. L.* Possibilities of neurocognitive rehabilitation using the dual tasks method in patients in the early postoperative period of coronary bypass surgery. *CardioSomatics*. 2021. V. 12. No. 4. P. 200–205 (in Russian).
15. *Tarasov R. S., Kazantsev A. N., Kagan E. S., Glinchikov K. E., Barbarash L. S.* Personalised model for selecting optimal revascularization strategy in patients with simultaneous carotid and coronary artery disease: prognosis of in-hospital outcomes. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2017. V. 6. No. 4. P. 60–70 (in Russian).
16. *Tovazhnyanskaya Ye. L., Dubinskaya O. I., Bezuglaya I. O., Navruzov M. B.* Autoregulation disorders of cerebral blood flow as a factor of cerebral dyscirculations development at diabetes mellitus type 2. *International neurological Journal*. 2012. V. 4. No. 50. P. 43–47 (in Russian).
17. *Tsygan N. V., Odinak M. M., Khubulava G. G., Tsygan V. N., Peleshok A. S., Andreev R. V., Kurasov E. S., Litvinenko I. V.* Postoperative cerebral dysfunction. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2017. V. 117. No. 4. P. 34–39 (in Russian). DOI: 10.17116/jnevro20171174134-39
18. *Lassen N. A., Andersen A. R., Friberg L., Paulson O. B.* The retention of [99mTc]-d,l-HM-PAO in the human brain after intracarotid bolus injection: a kinetic analysis. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 1988. V. 8. P. 13–22. DOI: 10.1038/jcbfm.1988.28
19. *Tomoeda H., Mikasa K., Chihara S., Sawada K., Tanaka H.* Prediction of postoperative cerebral infarction after cardiovascular surgery using quantitative measurement of cerebral blood flow with brain single-photon emission computed tomography.

- Ann Vasc. Dis. 2018. V. 11. No. 4. P. 511–519. DOI: 10.3400/avd.oa.18-00116
20. *Tsuda K., Shiya N., Washiyama N., Yamashita K., Ohkura K., Takahashi D., Kando Y., Natsume K., Yamanaka K., Takeuchi Y.* Carotid stenosis with

impaired brain flow reserve is associated with an increased risk of stroke in on-pump cardiovascular surgery. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2018. V. 27. No. 1. P. 75–80. DOI: 10.1093/icvts/ivy049

Сведения об авторах / Information about authors

Короткевич Алексей Алексеевич, младший научный сотрудник лаборатории лучевых методов диагностики, врач-радиолог лаборатории радионуклидных и томографических методов диагностики отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

Адрес: 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6.

Телефон: +7 (913) 300-25-56. Электронная почта: koroaa@kemcardio.ru.

ORCID.org/0000-0002-2835-7779

Вклад автора: поиск и анализ современных литературных данных по изучаемой тематике, сбор материала и написание текста статьи, утверждение окончательной версии статьи, полная ответственность за содержание текста статьи.

Korotkevich Aleksey Alekseevich, junior researcher of the Radiologic Diagnosis Laboratory, radiologist at the Radiology Department, Federal State Budgetary Institution «Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases».

Address: 6, Sosnoviy bul., Kemerovo, 650002, Russia.

Phone number: +7 (913) 300-25-56. E-mail: koroaa@kemcardio.ru.

ORCID.org/0000-0002-2835-7779

Author's contribution: search and analysis of modern literature data on the subject under study, collection of material and writing the text of the article, approval of the final version of the article, full responsibility for the content of the text of the article.

Семенов Станислав Евгеньевич, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лучевых методов диагностики, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

Адрес: 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, 6.

Телефон: +7 (3842) 64-35-19. Электронная почта: dr_semenov_s@mail.ru

ORCID.org/0000-0002-1827-606X

Вклад автора: разработка концепции статьи, написание текста статьи, корректировка статьи, утверждение окончательной версии статьи, полная ответственность за содержание текста статьи.

Semenov Stanislav Evgen'evich, Doctor of Science in Medical Sciences, Leading Research Officer of the Radiologic Diagnosis Laboratory, Federal State Budgetary Institution «Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases».

Address: 6, Sosnoviy bul., Kemerovo, 650002, Russia.

Phone number: +7 (3842) 64-35-19. E-mail: dr_semenov_s@mail.ru

ORCID.org/0000-0002-1827-606X

Author's contribution: development of the concept of the article, writing the text of the article, correction of the article, approval of the final version of the article, full responsibility for the content of the text of the article.

Малева Ольга Валерьевна, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

Адрес: 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, 6.

Телефон: +7 (3842) 34-53-84. Электронная почта: maleva.o@mail.ru

ORCID.org/0000-0001-7980-7488

Вклад автора: сбор материала, корректировка статьи, утверждение окончательной версии статьи, полная ответственность за содержание текста статьи.

Maleva OI'ga Valer'evna, Ph. D of Medical Sciences, Research Officer of the Laboratory of Neurovascular Pathology, Federal State Budgetary Institution «Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases». Address: 6, Sosnoviy bul., Kemerovo, 650002, Russia.
Phone number: +7 (3842) 34-53-84. E-mail: maleva.o@mail.ru
ORCID.org/0000-0001-7980-7488

Author's contribution: collection of material, correction of the article, approval of the final version of the article, full responsibility for the content of the text of the article.

Трубникова Ольга Александровна, доктор медицинских наук, заведующая лабораторией нейрососудистой патологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

Адрес: 650002, Кемерово, Сосновый бульвар, 6.
Телефон: +7 (3842) 34-53-84. Электронная почта: truboa@kemcardio.ru.
ORCID.org/0000-0001-8260-8033

Вклад автора: разработка концепции статьи, корректировка статьи, утверждение окончательной версии статьи, полная ответственность за содержание текста статьи.

Trubnikova OI'ga Aleksandrovna, Doctor of Science in Medical Sciences, Head of the Laboratory of Neurovascular Pathology, Federal State Budgetary Institution «Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases».

Address: 6, Sosnoviy bul., Kemerovo, 650002, Russia.
Phone number: +7 (3842) 34-53-84. E-mail: truboa@kemcardio.ru.
ORCID.org/0000-0001-8260-8033

Author's contribution: development of the concept of the article, correction of the article, approval of the final version of the article, full responsibility for the content of the text of the article.