



Возможности однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в диагностике ранней послеоперационной когнитивной дисфункции при реваскуляризации сердца и головного мозга

Малева О.В., Короткевич А.А., Трубникова О.А., Семенов С.Е., Барбараш О.Л.

*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»,
Сосновый б-р, 6, Кемерово, 650002, Российская Федерация*

Малева Ольга Валерьевна, к. м. н., ст. науч. сотр. лаборатории нейрососудистой патологии, врач-кардиолог
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»;
<http://orcid.org/0000-0001-7980-7488>

Короткевич Алексей Алексеевич, мл. науч. сотр. лаборатории лучевых методов диагностики, врач-рентгенолог отделения лучевой
диагностики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»;
<http://orcid.org/0000-0002-2835-7779>

Трубникова Ольга Александровна, д. м. н., заведующий лабораторией нейрососудистой патологии ФГБНУ «Научно-исследователь-
ский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»;
<http://orcid.org/0000-0001-8260-8033>

Семенов Станислав Евгеньевич, д. м. н., вед. науч. сотр. лаборатории лучевых методов диагностики, врач-рентгенолог отделения
лучевой диагностики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»;
<http://orcid.org/0000-0002-1827-606X>

Барбараш Ольга Леонидовна, д. м. н., профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных
проблем сердечно-сосудистых заболеваний»;
<http://orcid.org/0000-0002-4642-3610>

Резюме

Цель: оценить вклад показателей регионального мозгового кровотока (рМК) в выявление ранней послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД) у пациентов с мультифокальным атеросклерозом (МФА) при реваскуляризации сердца и головного мозга.

Материал и методы. Проведены исследование когнитивных показателей и скintiграфия головного мозга у 45 пациентов с МФА коронарных и прецеребральных артерий до и после реваскуляризации этих сосудистых бассейнов. Критериями включения в исследование явились: планирующаяся реваскуляризация коронарных и прецеребральных артерий, подписанное информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: отказ пациента, наличие у него заболеваний, препятствующих проведению обследований. Исследование когнитивных функций выполняли на программно-аппаратном комплексе Status-PF за 1–2 дня до операции и через 5–7 дней после нее. Сохранность мозгового кровотока оценивали методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии с использованием липофильного радиофармацевтического препарата ^{99m}Tc -НМРАО «Церетек».

Результаты. Частота ранней ПОКД у больных после изолированного коронарного шунтирования (КШ) составила 73,3%, у пациентов после симультанной операции КШ и каротидной эндартерэктомии (КЭА) – 72,5% ($p > 0,05$). Показатель рМК у пациентов группы изолированного КШ по сравнению с группой симультанной операции КШ и КЭА был выше в височных областях справа и слева ($p = 0,01$ и $p = 0,04$), в правой лобной доле ($p = 0,03$), правой теменной доле ($p = 0,005$), а также в затылочных долях справа и слева ($p = 0,03$ и $p = 0,03$). В послеоперационном периоде по сравнению с дооперационным значением в группе изолированного КШ снижался уровень перфузии в правой теменной области ($p = 0,01$), в правой и левой затылочных областях ($p = 0,01$ и $p = 0,01$). У пациентов группы симультанного вмешательства значение показателей рМК значимо не менялись в раннем послеоперационном периоде. Перфузия правой теменной области была выше у больных после изолированного КШ по сравнению с данным показателем у пациентов после симультанной операции КШ и КЭА ($p = 0,04$). Наибольший вклад в развитие ранней ПОКД у больных после изолированного КШ внесли показатели рМК левой височной области ($p = 0,025$),

у пациентов после симультанной операции КШ и КЭА – в правой теменной зоне ($p = 0,04$) в раннем послеоперационном периоде.

Заключение. Оценка перфузии головного мозга у кардиохирургических пациентов до и после операции может использоваться для выявления зон, пострадавших при проводимых вмешательствах, а также быть методом контроля безопасности операций и оценки применяемых способов профилактики для предотвращения развития ПОКД.

Ключевые слова: стеноз прецеребральных артерий; симультанная операция; коронарное шунтирование; каротидная эндартерэктомия; когнитивные функции; скintiграфия.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проведено в рамках фундаментальной темы НИИ КПССЗ «Мультифокальный атеросклероз и коморбидные состояния. Особенности диагностики, управления рисками в условиях крупного промышленного региона Сибири», номер государственной регистрации 0546-2015-0012.

Для цитирования: Малева О.В., Короткевич А.А., Трубникова О.А., Семенов С.Е., Барбараш О.Л. Возможности однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в диагностике ранней послеоперационной когнитивной дисфункции при реваскуляризации сердца и головного мозга. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2023; 104(4): 255–63. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-4-255-263>

Для корреспонденции: Малева Ольга Валерьевна, E-mail: maleva.o@mail.ru

Статья поступила 20.09.2023

После доработки 04.12.2023

Принята к печати 05.12.2023

Single-Photon Emission Computed Tomography in the Diagnosis of Early Postoperative Cognitive Dysfunction After Combined Carotid Endarterectomy and Coronary Artery Bypass Grafting

Olga V. Maleva, Alexey A. Korotkevich, Olga A. Trubnikova, Stanislav E. Semenov, Olga L. Barbarash

*Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases,
Sosnovy bulvar, 6, Kemerovo, Russian Federation*

Olga V. Maleva, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, Laboratory of Neurovascular Pathology, Cardiologist, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;
<http://orcid.org/0000-0001-7980-7488>

Alexey A. Korotkevich, Junior Researcher, Laboratory of Diagnostic Radiology, Radiologist, Department of Diagnostic Radiology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;
<http://orcid.org/0000-0002-2835-7779>

Olga A. Trubnikova, Dr. Med. Sc., Head of Laboratory of Neurovascular Pathology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;
<http://orcid.org/0000-0001-8260-8033>

Stanislav E. Semenov, Dr. Med. Sc., Leading Researcher, Laboratory of Diagnostic Radiology, Radiologist, Department of Diagnostic Radiology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;
<http://orcid.org/0000-0002-1827-606X>

Olga L. Barbarash, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of RAS, Director, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;
<http://orcid.org/0000-0002-4642-3610>

Abstract

Objective: to study the contribution of regional cerebral blood flow (rCBF) indicators to the diagnosis of early postoperative cognitive dysfunction (POCD) in patients with multifocal atherosclerosis (MFA) with heart and brain revascularization.

Material and methods. The study involved 45 patients with MFA of coronary and precerebral arteries. We analyzed patients' cognitive indicators and conducted brain scintigraphy before and after revascularization. The criteria for inclusion in the study were: scheduled combined revascularization of coronary and precerebral arteries; signed informed consent to participate in the study. Criteria for exclusion were: refusal to participate in the study, diseases that would prevent examination. The study of cognitive functions was performed using

the Status-PF software and hardware complex 1–2 days before and 5–7 days after surgery. Cerebral blood flow was assessed by single-photon emission computed tomography using lipophilic radiopharmaceutical ^{99m}Tc -HMPAO “Ceretek”.

Results. The frequency of early POCD in the isolated coronary artery bypass grafting (CABG) group was 73.3%, in the combined carotid endarterectomy (CEA) and CABG group it was 72.5% ($p > 0.05$). The rCBF index in the isolated CABG group compared with the combined CEA and CABG group was higher in the right and left temporal lobes ($p = 0.01$ and $p = 0.04$), in the right frontal lobe ($p = 0.03$), right parietal lobe ($p = 0.005$), and in the right and left occipital lobes ($p = 0.03$ and $p = 0.03$). In the postoperative period, in the isolated CABG group, right parietal lobe perfusion ($p = 0.01$), and right and left occipital lobe perfusion ($p = 0.01$ and $p = 0.01$) decreased compared to the baseline values. In the combined CEA and CABG group, in the early postoperative period, cerebral perfusion did not change significantly. Right parietal lobe perfusion was higher in the isolated CABG group compared with the combined CABG and CEA group ($p = 0.04$). The greatest contribution to the development of early POCD in patients after isolated CABG was made by the left temporal lobe perfusion ($p = 0.025$), in patients after combined CABG and CEA – by the right parietal lobe perfusion ($p = 0.04$) in the early postoperative period.

Conclusion. Assessment of cerebral perfusion in patients before and after surgery can be used to identify areas affected during surgery, as a method for monitoring the safety of procedure, and as an assessment of the preventive methods against POCD.

Keywords: precerebral arteries stenosis; combined surgery; coronary artery bypass surgery; carotid endarterectomy; cognitive functions; scintigraphy.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted within the framework of the fundamental topic of the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases entitled “Multifocal atherosclerosis and comorbid conditions. Features of diagnostics and risk management in a large industrial region of Siberia”, Registration No. 0546-2015-0012.

For citation: Maleva OV, Korotkevich AA, Trubnikova OA, Semenov SE, Barbarash OL. Single-photon emission computed tomography in the diagnosis of early postoperative cognitive dysfunction after combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass grafting. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2023; 104(4): 255–63 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-4-255-263>

For corresponding: Olga V. Maleva, E-mail: maleva.o@mail.ru

Received September 20, 2023

Revised December 4, 2023

Accepted December 5, 2023

Введение / Introduction

В последние годы в связи с улучшением качества кардиохирургической помощи с позиции профилактики первичных сердечно-сосудистых катастроф формируются направления для оценки других сторон кардиохирургических операций. Одним из них является поиск причин когнитивных дисфункций при кардиохирургических вмешательствах и способов их профилактики.

Своевременное выявление нарушения когнитивных функций будет влиять на прогноз лечения кардиохирургического больного. Особенно это касается пациентов с мультифокальным атеросклерозом (МФА) прецеребральных и коронарных артерий, нуждающихся в реваскуляризации этих сосудистых бассейнов или перенесших ее. Одним из патогенетических звеньев при системном атеросклерозе является снижение перфузии сердца и головного мозга, приводящее к повышению риска острых коронарных и неврологических событий, а также формированию хронического дефицита перфузии указанных зон. В реальной клинической практике с учетом большого потока пациентов оценке когнитивных функций не уделя-

ется должного внимания до момента значимого критического снижения этих функций вплоть до деменции.

В настоящее время продолжается поиск наиболее информативного метода диагностики когнитивных нарушений. Существует несколько способов диагностики когнитивных функций – Краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination, MMSE), Монреальская шкала когнитивной оценки (Montreal Cognitive Assessment, MoCA), тест «Батарея лобной дисфункции» (Frontal Assessment Battery, FAB). Однако эти методы невозможно часто применять у одного и того же больного в связи с обучаемостью ответов на вопросы. Шкалы малочувствительны для диагностики когнитивного дефицита у лиц с низким и очень высоким уровнем образования, обладают недостаточной чувствительностью при диагностике додементных когнитивных нарушений. Кроме того, эти исследования позволяют оценить тяжесть когнитивных расстройств только ориентировочно, в частности это касается диагностики деменции, при верификации которой ключевым моментом является подтверждение нарушений

функционального статуса и повседневной активности пациента.

С появлением компьютерных методов когнитивного тестирования увеличилась выявляемость вариабельности когнитивных нарушений, что позволило диагностировать когнитивную дисфункцию на додементных стадиях. Такой способ занимает по продолжительности больше времени, должен выполняться и интерпретироваться компетентным специалистом, поэтому используется чаще всего в научных целях.

Способы визуализации головного мозга, такие как магнитно-резонансная томография (МРТ), мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), а в последнее десятилетие динамично развивающееся направление радиологии – сцинтиграфия, могут нести вспомогательную роль для выявления и подтверждения когнитивных нарушений у кардиохирургических пациентов. МРТ и МСКТ относятся к методам с оценкой структурных показателей, поэтому заняли свою нишу при острых и хронических цереброваскулярных заболеваниях, тогда как сцинтиграфия (оценка перфузии) относится к функциональным методам диагностики, хорошо отражает хронические состояния головного мозга. Сцинтиграфия позволяет выявить нарушение кровоснабжения структур головного мозга на уровне микроциркуляции и дает возможность оценить кровоток различных отделов головного мозга при острых состояниях (инсультах, эпилепсии, психических заболеваниях, травмах головного мозга), поэтому этот метод можно использовать в изучении этиологии, патогенеза развития послеоперационных когнитивных нарушений [1–2].

Цель – оценить вклад показателей регионального мозгового кровотока (рМК) в выявление ранней послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД) у пациентов с МФА при реваскуляризации сердца и головного мозга.

Материал и методы / Material and methods

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ КПССЗ». Проведены исследование когнитивных показателей и сцинтиграфия головного мозга у 45 пациентов с МФА коронарных и прецеребральных артерий до и после реваскуляризации этих сосудистых бассейнов.

Критериями включения в исследование явились планирующаяся реваскуляризация коронарных и прецеребральных артерий, подписанное информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: отказ пациента, наличие у него заболеваний, препятствующих проведению обследований. Способ, объем и сроки оперативного вмешательства определяла кардиокоманда в составе кардиолога, сердечно-сосудистого хирурга, анестезиолога и невролога

на основании клинических рекомендаций [3–5]. Использовались демографические, клинические, инструментальные методы обследования.

Исследование когнитивных функций состояло из двух этапов: первый – за 1–2 дня до операции, второй – через 5–7 дней после нее. В указанные сроки также определяли клинические показатели пациентов. Показатели когнитивного статуса оценивали с помощью скрининговых тестов MMSE и FAB.

После исходной диагностики когнитивных функций выполняли расширенное исследование когнитивных функций на программно-аппаратном комплексе Status-PF. Внимание оценивали методом корректурной пробы Бурдона с анализом количества проработанных символов на 1-й и 4-й минутах теста. Кратковременную память проверяли с помощью тестов запоминания 10 чисел, 10 слов и 10 бессмысленных слогов. Нейродинамические параметры включали: скорость сложной зрительно-моторной реакции, уровень функциональной подвижности нервных процессов, работоспособность головного мозга, количество ошибок и пропущенных сигналов при их выполнении. Раннюю ПОКД диагностировали при снижении исходных показателей памяти, внимания и нейродинамики на 20% в 20% пройденных тестов [6].

Сохранность мозгового кровотока оценивали методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) с использованием липофильного радиофармацевтического препарата ^{99m}Tc -НМРАО «Церетек», распределяющегося пропорционально объему крови, перфузирующему ткань мозга. Исследование проводили по стандартной методике на аппарате Discovery NM/CT 670 (GE Medical Systems, Израиль) до и после (на 5–7-е сутки) оперативного вмешательства. Программную обработку полученных данных выполняли с использованием итеративного фильтра OSEM/MLEM. Изучали показатели рМК в корковых зонах на срезах в аксиальной проекции, последовательно охватывающих весь головной мозг, а также в области хвостатых ядер и таламусов. Референсной зоной считали показатели перфузии мозжечка, которые принимали за 100%, на основании этих значений рассчитывали значения в сегментах. Распределение индикатора в корковых зонах на аксиальном срезе оценивали по 8-сегментарной модели. Для модификации данных ОФЭКТ в показатели рМК применяли трехкомпонентную модель кинетики [2, 7].

Статистическую обработку результатов проводили при помощи статистического пакета Statistica 10.0, SPSS 26. Поскольку количество наблюдений в выборке небольшое, для анализа показателей использовали непараметрические критерии. Количественные клинико-анамнестические и нейропсихологические параметры представлены в виде ме-

дианы, 25-го и 75-го процентилей (Me [Q25; Q75]). Качественные показатели в двух независимых группах анализировали при помощи критерия χ^2 Пирсона с поправкой Йетса. Выявление различий между независимыми переменными проводили с помощью U-критерия Манна–Уитни. Для прогнозирования развития ранней ПОКД проводили бинарную логистическую регрессию. Для расчета частоты развития ПОКД использовали метод подсчета таблицы сопряженности 2×2. Статистическую значимость определяли при уровне $p < 0,05$.

В зависимости от объема выбранного оперативного вмешательства сформированы две группы пациентов, клиническая характеристика которых представлена в таблице 1. Медиана возраста в группе больных, отобранных на изолиро-

ванное коронарное шунтирование (КШ), составила 60,5 [52; 67] года, в группе симультанного вмешательства – 63 [39; 65] года. Индекс массы тела составил 28,5 [24; 35] и 28 [24; 36] кг/м² соответственно. Исходная фракция выброса левого желудочка и фракция в раннем послеоперационном периоде не отличались между группами: 59 [47; 70]% и 56 [34; 72]%, 53 [35; 65]% и 51 [38; 64]% соответственно. Степень стеноза прецеребральных артерий в группе пациентов при изолированном КШ и асимптомном течении составила справа 10 [0; 65]%, слева 8 [0; 60], что подтвердило корректность выбранной хирургической тактики. В то же время в группе симультанного вмешательства степень стеноза при правосторонней каротидной эндартерэктомии (КЭА) составила 82 [60; 99]%, при

Таблица 1

Характеристика исследуемой выборки пациентов в зависимости от типа операции (n = 45)

Table 1

Characteristics of the studied sample of patients depending on the type of operation (n = 45)

Параметр / Parameter	Группа / Group		p
	КШ / CABG	КШ + КЭА / CABG + CEA	
Возраст, лет / Age, years	60,46 [52; 67]	62,83 [39; 75]	>0,05
ИМТ, кг/м ² / BMI, kg/m ²	28,42 [24; 35]	28,2 [25; 35]	>0,05
ФВ ЛЖ, % / LVEF, %			
до операции / before surgery	58,80 [47; 70]	56,10 [34; 72]	>0,05
после операции / after the operation	53,26 [35; 65]	51,06 [38; 64]	>0,05
NASCET, %			
справа / right	10,30 [0; 65]	82,10 [60; 99] / 39,27 [0; 80]*	>0,05
слева / left	7,60 [0; 60]	82,74 [60; 95] / 47,10 [0; 85]*	
ОНМК в анамнезе, n (%) / Stroke in anamnesis, n (%)	0 (0,0)	7 (23,3)	0,04
Индекс Чарлсона / Charleson Index	4,3 [2; 6]	6,6 [3; 9]	0,00006
EuroSCORE II, %	1,42 [0,88; 3,99]	4,00 [1,63; 10,6]	0,00002
Время пережатия СА, мин / CA clamping time, min	–	24,8 [18; 39]	–
Длительность ИК, мин / CPB duration, min	70,4 [38; 120]	80,5 [42; 158]	>0,05
Время пережатия аорты, мин / Aortic clamping time, min	44,50 [25; 86]	51,58 [22; 115]	>0,05
Температура перфузии, °C / Perfusion temperature, °C	35,6 [34,6; 36,3]	35,4 [33; 36]	>0,05
MMSE, баллов / MMSE, points	26,6 [22; 29]	26,7 [21; 30]	>0,05
BDI-II, баллов / BDI-II, points	1,5 [0; 4]	2,69 [0; 8]	>0,05

Примечание. ИМТ – индекс массы тела; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) – степень стеноза (отношение разности величины диаметра внутренней сонной артерии дистальнее места стеноза к величине свободного (от интимы до интимы) просвета сосуда в области стеноза; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; EuroSCORE II (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation II) – Европейская система оценки риска кардиохирургических операций II; СА – сонная артерия; ИК – искусственное кровообращение; MMSE (Mini-Mental State Examination) – Краткая шкала оценки психического статуса; BDI-II (Beck Depression Inventory II) – Шкала депрессии Бека. * Сторона операции / контралатеральная сторона.

Note. BMI – body mass index; LVEF – left ventricular ejection fraction; NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) – the degree of stenosis (the ratio of the difference in the internal carotid artery diameter distal to the site of stenosis to the size of the free (from intima to intima) lumen of the vessel in the stenosis area; EuroSCORE II – European System for Cardiac Operative Risk Evaluation II; CA – carotid artery; CPB – cardiopulmonary bypass; MMSE – Mini-Mental State Examination; BDI-II – Beck Depression Inventory II. * Side of surgery / contralateral side.

левосторонней – 83 [60; 95]%, контралатеральной стороны слева – 39 [0; 80]%, справа – 47 [0; 85]% при частоте острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) в анамнезе у 7 (23,3%) пациентов, что также отражало правильность выбранной стратегии в пользу симультанного вмешательства. Пациенты группы симультанной операции имели более высокую степень коморбидности: 6,6 [3; 9] против 4 [2; 6] ($p = 0,00006$). Закономерно был выше риск периоперационных событий по Европейской системе оценки риска кардиохирургических операций II (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation II, EuroSCORE II): 4 [1,63; 10,60]% против 1,4 [0,88; 3,99]% ($p = 0,00002$). Несмотря на клиническое неравенство по частоте ОНМК в анамнезе и коморбидной патологии (индекс Чарлсона), а также по прогнозу неблагоприятного исхода коронарного шунтирования (балл EuroSCORE II), медианы баллов MMSE и FAB между группами не различались. Также не имели различий интраоперационные параметры: дли-

тельность искусственного кровообращения (ИК), гипоксии, средней температуры перфузии (см. табл. 1).

Результаты / Results

Частота ранней ПОКД в группе пациентов после изолированного КШ составила 73,3%, у больных после симультанной операции КШ и КЭА – 72,5% ($p > 0,05$).

Исходно имелись различия между группами по параметрам перфузии коры головного мозга. Так, показатель рМК у пациентов группы изолированного КШ по сравнению с группой симультанной операции КШ и КЭА был выше в височных областях справа и слева ($p = 0,01$ и $p = 0,04$ соответственно). Также у больных группы изолированного КШ по сравнению с пациентами группы симультанной операции КШ и КЭА перфузия была выше в правой лобной доле ($p = 0,03$), правой теменной доле ($p = 0,005$), а также в затылочных долях справа и слева ($p = 0,03$ и $p = 0,03$ соответственно) (рис. 1, 2).

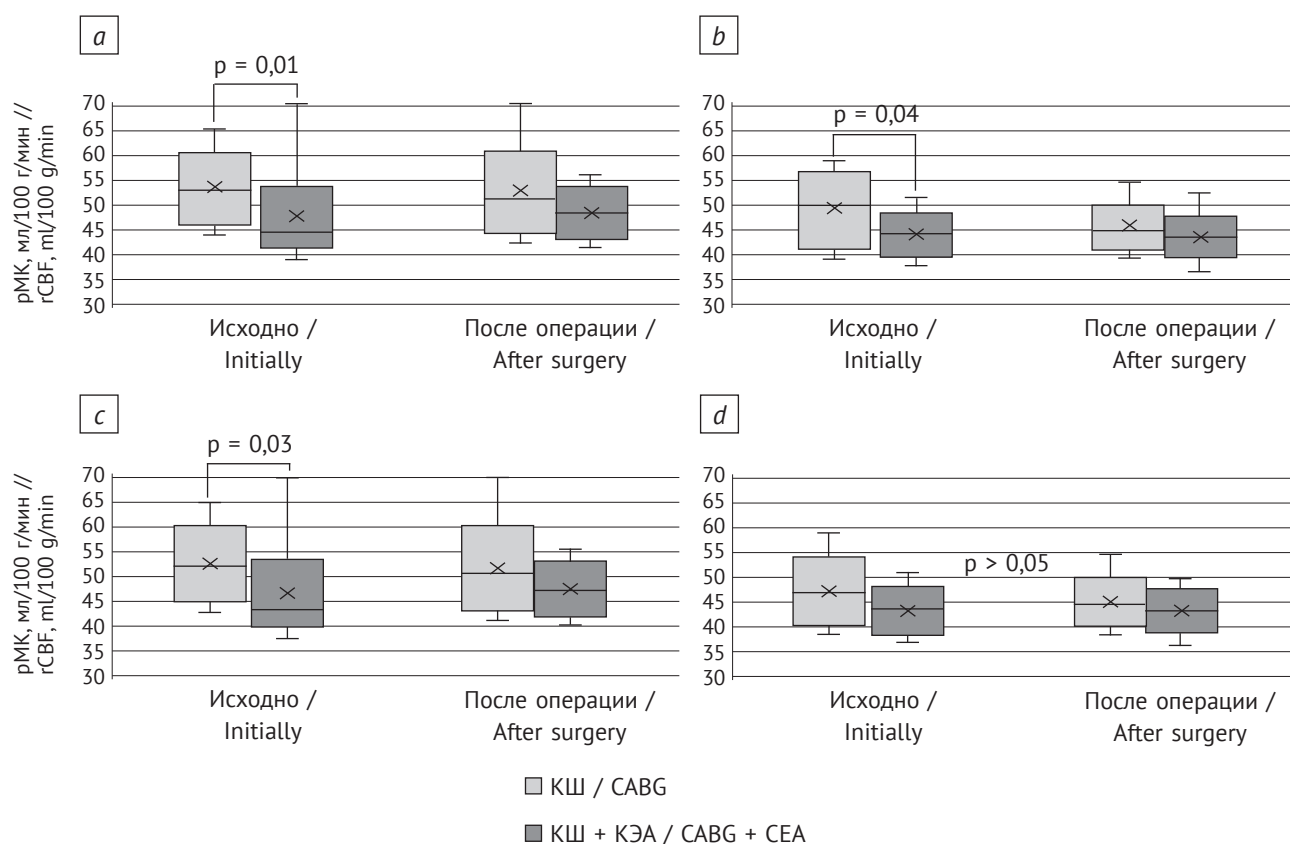


Рис. 1. Результаты оценки регионального мозгового кровотока (рМК) с помощью однофотонной эмиссионной томографии в периоперационном периоде у пациентов при изолированном коронарном шунтировании (КШ) и сочетанной операции КШ и каротидной эндоартерэктомии (КЭА): а – височной правой доли; б – височной левой доли; в – лобной правой доли; д – лобной левой доли

Fig. 1. Results of regional cerebral blood flow (rCBF) assessment using single-photon emission tomography in the perioperative period in patients with isolated coronary artery bypass grafting (CABG) and combined CABG and carotid endarterectomy (CEA) in: а – right temporal lobe; б – left temporal lobe; в – right frontal lobe; д – left frontal lobe

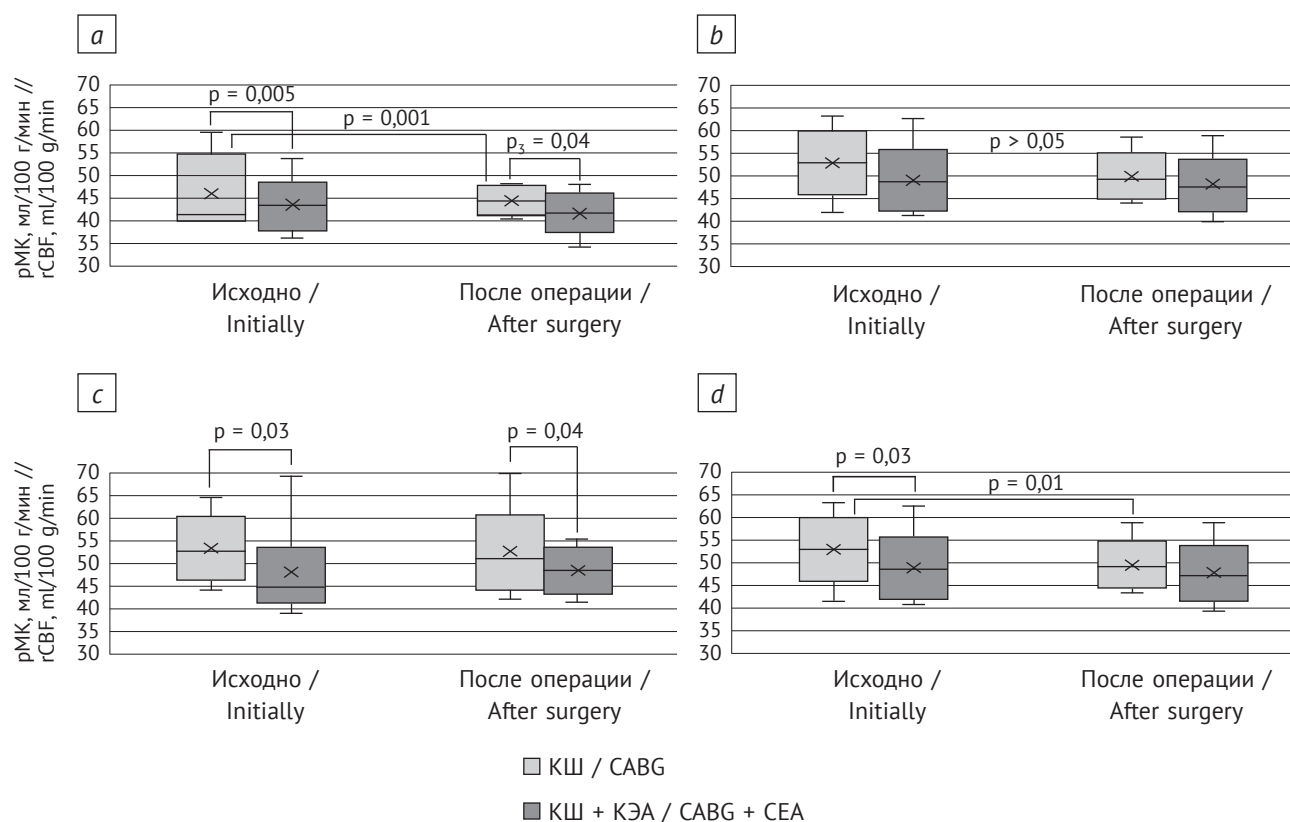


Рис. 2. Результаты оценки регионального мозгового кровотока (рМК) с помощью однофотонной эмиссионной томографии в периоперационном периоде у пациентов при изолированном коронарном шунтировании (КШ) и сочетанной операции КШ и каротидной эндартерэктомии (КЭА):

a – правой теменной доли; b – левой теменной доли; c – правой затылочной доли; d – левой затылочной доли

Fig. 2. Results of regional cerebral blood flow (rCBF) assessment using single-photon emission tomography in the perioperative period in patients with isolated coronary artery bypass grafting (CABG) and combined CABG and carotid endarterectomy (CEA) in: a – right parietal lobe; b – left parietal lobe; c – right occipital lobe; d – left occipital lobe

В послеоперационном периоде в группе изолированного КШ уровень перфузии (показатель рМК) по сравнению с дооперационным значением снижался в правой теменной области ($p = 0,01$), правой и левой затылочных областях ($p = 0,01$ и $p = 0,01$ соответственно). В группе симультанного вмешательства показатели перфузии значимо не менялись. Также имелись межгрупповые различия в показателях перфузии правой теменной области, которая была выше у больных после изолированного КШ в раннем послеоперационном периоде ($p = 0,04$) (см. рис. 1, 2).

Снижение показателя рМК может быть следствием повреждения головного мозга в этой зоне. Наиболее уязвимыми оказались области головного мозга у пациентов после изолированного КШ: правая теменная, затылочная доли с двух сторон. Это говорит о том, что больные, не имеющие атеросклероза прецеребральных артерий, подвержены риску травмы головного мозга, прежде всего за счет влияния ИК.

С учетом полученной динамики перфузии головного мозга проведен регрессионный анализ влияния исходных показателей ОФЭКТ и показателей раннего послеоперационного периода на развитие ранней ПОКД отдельно для каждой группы пациентов. Роль зависимой переменной играла ранняя ПОКД. В качестве независимых предикторов ранней ПОКД в регрессионный анализ включены показатели рМК до операции и раннего послеоперационного периода: височные, лобные, теменные, затылочные доли с двух сторон. Не получено достоверных сведений о влиянии исходных показателей рМК на развитие ранней ПОКД. Наибольший вклад в развитие ранней ПОКД у пациентов после изолированного КШ внесли показатели перфузии (рМК) левой височной области. У больных после сочетанной операции КШ и КЭА также не получено достоверных сведений о вкладе исходных показателей рМК в развитие ранней ПОКД. На развитие ранней ПОКД у этих пациентов влияло увеличение перфузии в правой теменной зоне в раннем послеоперационном периоде (табл. 2).

Регрессионный анализ показателей однофотонной эмиссионной компьютерной томографии
(регионального мозгового кровотока) для зависимой переменной ранней послеоперационной когнитивной дисфункции

Table 2

Regression analysis of single-photon emission computed tomography results
(regional cerebral blood flow) for a dependent variable of early postoperative cognitive dysfunction

Группа (зона) / Group (lobe)	Предикторы / Predictors		
	Бета / Beta	t	p
КШ (левая височная доля) / CABG (left temporal lobe)	2,010	2,963	0,025
КШ + КЭА (правая теменная доля) / CC + CEA (right parietal lobe)	1,852	2,174	0,040

Примечание. КШ – коронарное шунтирование; КЭА – каротидная эндартерэктомия.

Note. CABG – coronary bypass surgery; CEA – carotid endarterectomy.

Обсуждение / Discussion

На текущий момент исходные когнитивные нарушения не учитываются как проявление атеросклероза, а возникшее когнитивное снижение после операции оценивается как закономерное и чаще всего остается недиагностированным [8–10].

У пациентов после изолированного КШ показатели рМК снижались в правой теменной и затылочных долях с двух сторон. Однако при отсутствии явного изменения перфузии в левой височной зоне у этих больных данный показатель оказал влияние на развитие ранней ПОКД прежде всего потому, что при повреждении левой височной доли возникают расстройства сознания, памяти и построения речи, а это параметры когнитивных функций. У пациентов группы симультанного вмешательства не отмечено динамики показателей перфузии по сравнению с дооперационными значениями, но, несмотря на это, рМК в правой теменной области после операции вносил свой вклад в развитие ранней ПОКД. Частично это может быть объяснено тем, что КЭА влечет за собой транзиторное увеличение мозгового кровотока, при котором возникает гиперперфузия более чем на 100% от дооперационного значения. Механизмами последней являются изменение цереброваскулярной ауторегуляции и повышение послеоперационного систолического артериального давления [11–12]. В данном исследовании речи не идет о 100% гиперперфузии после КЭА, но нельзя исключить влияние реперфузионного синдрома меньшей выраженности, а также компонентов ИК (микроэмболизация, системная воспалительная реакция) [10, 13–16].

Проведенное исследование показало возможность применения сцинтиграфии головного мозга

для выявления ранней ПОКД, что может применяться у больных, не способных выполнять когнитивные задания. Ограничениями исследования на текущий момент являются малочисленная выборка пациентов, снижение количества проводимых сочетанных вмешательств на прецеребральных и коронарных артериях из-за экономической составляющей, высокая стоимость проведения ОФЭКТ. С учетом развития новых подходов к диагностике и лечению использование ОФЭКТ как функционального метода исследования актуально для понимания патофизиологических процессов при когнитивных нарушениях, а следовательно, для поиска и оценки вариантов профилактики ПОКД.

Заключение / Conclusion

Проведен разносторонний анализ когнитивных показателей у пациентов при реваскуляризации миокарда и головного мозга доступными на текущий момент способами: скрининговые тесты, компьютерное тестирование, визуализация головного мозга. Это позволило поэтапно, учитывая данные, полученные различными методами, подтвердить изменения когнитивных показателей под влиянием различных оперативных вмешательств и оценить роль показателей сцинтиграфии для верификации ранней ПОКД.

Таким образом, оценка перфузии головного мозга у кардиохирургических пациентов до и после операции с помощью ОФЭКТ может использоваться с целью выявления зон, пострадавших при проводимых вмешательствах, а также быть методом контроля безопасности операций и оценки применяемых способов профилактики для предотвращения развития ПОКД.

Литература [References]

- Schröder J, Heinze M, Günther M, et al. Dynamics of brain perfusion and cognitive performance in revascularization of carotid artery stenosis. *Neuroimage Clin.* 2019; 22: 101779. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.101779>.
- Короткевич А.А., Семенов С.Е., Малева О.В., Трубникова О.А. Связь результатов нейропсихологического тестирования и показателей регионарного мозгового кровотока по данным ОФЭКТ у пациентов кардиохирургического профиля. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2023; 12(1): 49–57. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2023-12-1-49-57>. [Korotkevich AA, Semenov SE, Maleva OV, Trubnikova OA. Association between the results of neuropsychological testing and indicators of regional cerebral blood flow according to SPECT data of cardiac surgical patient. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2023; 12(1): 49–57 (in Russ). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2023-12-1-49-57>.]
- Halliday A, Bax JJ. The 2017 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral arterial diseases, in collaboration with the European society for vascular surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018; 55(3): 301–2. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.03.004>.
- Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2019; 40(2): 87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>.
- Aboyans V, Ricco JB, Bartelink ML, et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries. Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO) The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur Heart J.* 2018; 39(9): 763–816. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx095>.
- Selnes OA, Gottesman RF, Grega MA, et al. Cognitive and neurologic outcomes after coronary artery bypass surgery. *N Engl J Med.* 2012; 366(3): 250–7. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1100109>.
- Lassen NA, Andersen AR, Friberg L, Paulson OB. The retention of [99mTc]-d,l-HM-PAO in the human brain after intracarotid bolus injection: a kinetic analysis. *J Cereb Blood Flow Metab.* 1988; 8(6): S13–22. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.1988.28>.
- Lattanzi S, Carbonari L, Pagliariccio G, et al. Neurocognitive functioning and cerebrovascular reactivity after carotid endarterectomy. *Neurology.* 2018; 90(4): e307–15. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004862>.
- Brown CH, Probert J, Healy R, et al. Cognitive decline after delirium in patients undergoing cardiac surgery. *Anesthesiology.* 2018; 129(3): 406–16. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002253>.
- Huang KL, Chang TY, Ho MY, et al. The correlation of asymmetrical functional connectivity with cognition and reperfusion in carotid stenosis patients. *Neuroimage Clin.* 2018; 20: 476–84. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.08.011>.
- Ballesteros-Pomar M, Alonso-Argüeso G, Tejada-García J, Vaquero-Morillo F. Cerebral hyperperfusion syndrome in carotid revascularisation surgery. *Rev Neurol.* 2012; 55(8): 490–8 (in Spanish).
- Nocuń A, Wilczyński M, Wroński J, Chrapko B. Usefulness of 99mTc-ECD brain SPECT with voxel-based analysis in evaluation of perfusion changes early after carotid endarterectomy. *Med Sci Monit.* 2011; 17(5): CR297–303. <https://doi.org/10.12659/msm.881771>.
- Zhang HP, Ma XD, Chen LF, et al. Cognitive function after carotid endarterectomy: early decline and later recovery. *Turk Neurosurg.* 2016; 26(6): 833–9. <https://doi.org/10.5137/1019-5149>.
- Ефимова Н.Ю., Чернов В.И., Ефимова И.Ю. и др. Изменение мозгового кровотока и когнитивной функции у больных, перенесших операцию коронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения. *Кардиология.* 2015; 55(6): 40–6. [Efimova NYu, Chernov VI, Efimova IYu, et al. Changes in cerebral blood flow and cognitive function in patients undergoing coronary bypass surgery with cardiopulmonary bypass. *Kardiologiya.* 2015; 55(6): 40–6 (in Russ).]
- Manojlovic V, Budakov N, Budinski S, et al. Cerebrovascular reserve predicts the cerebral hyperperfusion syndrome after carotid endarterectomy. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020; 29(12): 105318. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105318>.
- Messerotti Benvenuti S, Zanatta P, Valfrè C, et al. Preliminary evidence for reduced preoperative cerebral blood flow velocity as a risk factor for cognitive decline three months after cardiac surgery: an extension study. *Perfusion.* 2012; 27(6): 486–92. <https://doi.org/10.1177/0267659112453475>.