

ТОПОГРАФИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ПЕРФУЗИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПОСЛЕ СИМУЛЬТАННЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА ВЕНЕЧНЫХ И БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЯХ

Короткевич А.А., Семенов С.Е., Малева О.В., Трубникова О.А., Коков А.Н.

Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово, Россия.

Цель исследования. Изучение динамики показателей клеточной перфузии головного мозга по данным ОЭКТ после проведения симультанного хирургического вмешательства на брахиоцефальных и венечных артериях, исследование влияния потенциально травмирующих факторов оперативного вмешательства на регионарный мозговой кровоток (рМК).

Материал и методы. Были проанализированы данные перфузии головного мозга у 22 пациентов с мультифокальным атеросклерозом, которым выполнялось симультанное вмешательство в условиях искусственного кровообращения (ИК) на венечных и каротидных артериях. ОЭКТ головного мозга выполнялась с радиофармпрепаратом ^{99m}Tc -НМРАО (Церетек).

Результаты. Выявлена умеренная обратная корреляционная связь между временем ИК, временем пережатия аорты и показателями рМК в левой затылочной доле, в верхних отделах левой лобной и левой теменной доли ($R = -0,661$, $p = 0,001$), умеренная прямая связь между временем пережатия сонных артерий и показателями рМК в области базальных ядер справа и слева, в нижних отделах обеих лобных долей, в верхних отделах затылочных и теменных долей ($R = 0,592$, $p = 0,005$). Анализ до и послеоперационных показателей рМК выявил следующие статистически значимые изменения: увеличение в левой височной доле, $p = 0,015$, снижение в правой затылочной доле, $p = 0,044$, снижение в верхнем отделе правой теменной доли, $p = 0,042$, и в верхнем отделе левой теменной доли, $p = 0,014$.

Заключение. Симультанное оперативное вмешательство на брахиоцефальных и венечных артериях могут сопровождаться снижением регионарного мозгового кровотока в правой затылочной доле и в верхних отделах обеих теменных долей, увеличением показателей перфузии в левой височной доле.

Потенциально травмирующие факторы оперативного вмешательства (продолжительность искусственного кровообращения, время пережатия аорты и сонных артерий) вызывают значимые изменения кровотока в определенных областях головного мозга, которые зависят от времени воздействия и должны учитываться как факторы риска послеоперационных локальных нарушений гемодинамики.

Ключевые слова: ОЭКТ, симультанное хирургическое вмешательство, регионарный мозговой кровоток, время пережатия аорты, искусственное кровообращение.

Контактный автор: Короткевич А.А., e-mail: koroaa@kemcardio.ru

Для цитирования: Короткевич А.А., Семенов С.Е., Малева О.В., Трубникова О.А., Коков А.Н. Топография изменений перфузии головного мозга после симультанного вмешательства на венечных и брахиоцефальных артериях. REJR 2021; 11(3):25-34. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-3-25-34.

Статья получена: 15.05.20

Статья принята: 25.03.21

TOPOGRAPHY OF CHANGES IN BRAIN PERFUSION AFTER SIMULTANEOUS INTERVENTIONS IN THE CORONARY AND BRACHIOCEPHALIC ARTERIES

Korotkevich A.A., Semenov S.E., Maleva O.V., Trubnikova O.A., Kokov A.N.

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

Purpose. To study of the dynamics of indicators of cell perfusion of the brain according to SPECT after simultaneous surgery on the brachiocephalic and coronary arteries, study of the impact of potentially traumatic factors of surgical intervention on regional cerebral blood flow.

Material and methods. Brain perfusion data were analyzed in 22 patients with multifocal atherosclerosis who underwent simultaneous intervention in conditions of cardiopulmonary bypass on the coronary and brachiocephalic arteries. SPECT of the brain was performed with a radiopharmaceutical ^{99m}Tc -HMPAO (Ceretec).

Results. A moderate inverse correlation was found between the time of cardiopulmonary bypass, time of aortic compression, and CBF in the left occipital lobe, in the upper parts of the left frontal and left parietal lobes ($R = -0,661$, $p = 0,001$), moderate direct correlation between time clamping of the carotid arteries and CBF in the region of the basal nuclei on the right and left, in the lower parts of both frontal lobes, in the upper parts of the occipital and parietal lobes ($R = 0,592$, $p = 0,005$). The analysis of pre and postoperative CBF revealed the following statistically significant changes: an increase in the left temporal lobe, $p = 0,015$, a decrease in the right occipital lobe, $p = 0,044$, a decrease in the upper part of the right parietal lobe, $p = 0,042$, and in the upper part of the left parietal lobe, $p = 0,014$.

Conclusion. Simultaneous surgical interventions on the brachiocephalic and coronary arteries are accompanied by a decrease in regional cerebral blood flow in the right occipital lobe and in the upper divisions of both parietal lobes, and an increase in perfusion in the left temporal lobe. Potentially traumatic factors of surgical intervention (duration of cardiopulmonary bypass, time of clamping of the aorta and carotid arteries) cause significant changes in blood flow in certain areas of the brain, which depend on the time of exposure and should be considered as risk factors for postoperative local hemodynamic disorders.

Keywords: SPECT, simultaneous surgery, cerebral blood flow, aortic clamping time, cardiopulmonary bypass.

Corresponding author: Korotkevich A.A., e-mail: koroaa@kemcardio.ru

For citation: Korotkevich A.A., Semenov S.E., Maleva O.V., Trubnikova O.A., Kokov A.N. Topography of changes in brain perfusion after simultaneous interventions in the coronary and brachiocephalic arteries. REJR 2021; 11(3):25-34. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-3-25-34.

Received: 15.05.20

Accepted: 25.03.21

Проблема мультифокального атеросклероза на сегодняшний день обсуждается во многих работах и актуальность ее бесспорна [1]. Одним из наиболее тяжелых видов мультифокального атеросклероза является сочетанное поражение коронарного и каротидного бассейнов, а его клинические проявления, такие как острое нарушение мозгового кровообращения и ишемическая болезнь сердца, по данным ВОЗ являются одними из основных причин смертности и инвалидизации населения во всем мире [2, 3]. Современные

тенденции в выборе кардиохирургической тактики и анестезиологического пособия существенно увеличили объемы оперативных вмешательств и расширили возрастную категорию оперируемых, однако проблема неврологических осложнений не только не теряет своей актуальности, а напротив, находится на новом витке изучения [4].

Однофотонно-эмиссионная компьютерная томография (ОЭКТ) применяется как метод функциональной нейровизуализации, позволяющий неинвазивно изучать различные физиологические и патофизиологические

ские процессы, протекающие в головном мозге, посредством изучения распределения радиофармпрепарата (РФП), отражающего региональную гемодинамику [5]. Полученные данные объективно отражают состояние рМК, несут важную информацию для клинических специалистов, а также в определенной степени дополняют наиболее распространенные методы структурной нейровизуализации, в частности КТ и МРТ [6]. На сегодняшний день по мнению ряда авторов данная методика доказала свою ценность в ведении пациентов кардио- и ангиохирургического профиля при должном соблюдении методики проведения исследования и аккуратной интерпретации полученной информации [7]. Некоторые исследователи, при анализе результатов как каротидной эндалтерэктомии, так и коронарного шунтирования, подчеркивают чувствительность метода ОЭКТ в оценке церебральной перфузии [8]. Кроме того, радиоизотопная диагностика позволяет проводить расширенные исследования для оценки нейронной активности в различных областях головного мозга на фоне нейроактивационных и фармакологических проб, что позволяет изучать вариации регионального мозгового кровотока в различных условиях, способствует исследованию сенсорной, моторной и когнитивной активности в норме и при патологии головного мозга [9].

Цель исследования.

Изучение динамики показателей клеточной перфузии головного мозга по данным ОЭКТ после проведения симультанного хирургического вмешательства на брахиоцефальных и венечных артериях, исследование влияния потенциально травмирующих факторов оперативного вмешательства на рМК.

Материал и методы.

В ходе исследования были проанализированы данные перфузии головного мозга у 22 пациентов, средний возраст которых составлял $64 \pm 6,5$ лет, из них 18% женщины ($n=4$) и 82% мужчины ($n=18$). У всех обследуемых по данным дополнительных методов обследования были выявлены гемодинамически значимые стенозы внутренних сонных и коронарных артерий. У 15 пациентов (68%) имелась стенокардия 2 ФК, у 5 пациентов (23%) – 3 ФК, у 2 пациентов (9%) – безболевая ишемия миокарда. У 17 обследуемых (77%) присутствовал постинфарктный кардиосклероз. У 6 пациентов (27%) в анамнезе перенесенная ОНМК. Хирургической тактикой лечения для всех пациентов было выбрано симультанное вмешательство: односторонняя каротидная эндалтерэктомия (в 10 случаев справа и в 12 случаев слева), аортокоронар-

ное и маммарокоронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения. Искусственное кровообращение длилось $83,19 \pm 21,22$ мин, время пережатия аорты составило $53,24 \pm 15,35$ мин, время пережатия сонных артерий $25,55 \pm 3,66$ мин.

Исследование проводилось на аппарате Discovery NM/CT 670 (GE Medical Systems, Israel). Для получения данных использовали низкоэнергетические коллиматоры высокого разрешения (LEHR), время на проекцию 30 сек, матрица 128×128 . Для выполнения ОЭКТ использовался РФП, проникающий через гематоэнцефалический барьер, ^{99m}Tc -HMPAO (“Церетек”), вводимая доза составляла 740 МБк. Исследование у каждого пациента выполнялось два раза: до хирургической коррекции и на 5-7 сутки послеоперации. Для реконструкции изображений использовали итеративный алгоритм OSEM/MLEM, фильтр Butterworth.

Анализировались 12 последовательных срезов головного мозга толщиной 6 мм в аксиальной проекции, областью интереса являлись корковые зоны лобных, височных, затылочных, теменных долей, область базальных ядер и таламусы. Для анализа использовали показатели церебрального кровотока, рассчитанные по отношению к референсной зоне, в качестве которой выступал мозжечок. Распределение индикатора в корковых зонах в срезе оценивали с использованием 8-сегментарной модели в программе Brain SPECT на рабочей станции Xeleris.

Для модификации данных ОЭКТ в показатели рМК в мл/100г/мин применялась трехкомпонентная модель кинетики N. Lassen и соавт. [10].

Анализ полученных данных осуществляли в программе STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc.), использовалась описательная и непараметрическая статистика. Результаты в работе показаны как среднее арифметическое число и стандартное отклонение. Различия между зависимыми выборками до и после оперативного вмешательства оценивали посредством критерия Вилкоксона. Для количественной оценки статистического изучения связи между явлениями использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для оценки различия между двумя независимыми выборками использовали критерий Манна-Уитни. Уровень значимости p принимали равным менее 0,05.

Результаты.

Изменения показателей регионального мозгового кровотока после симультанного вмешательства в различной степени выраженности наблюдались у всех пациентов

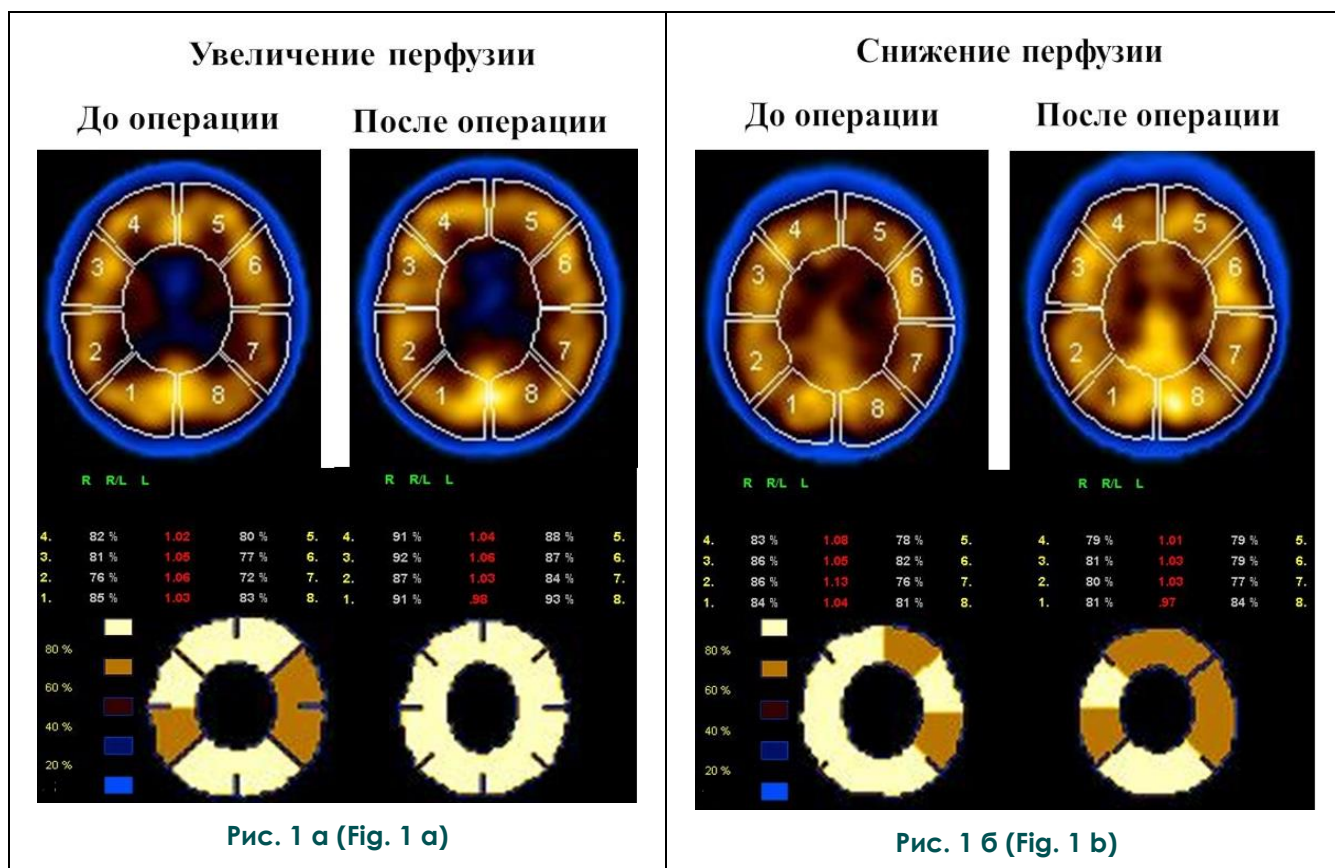


Рис. 1. ОФЭКТ, аксиальные срезы головного мозга.

Динамика показателей рМК: а – увеличение значений рМК в послеоперационном периоде, б – снижение значений рМК в послеоперационном периоде.

Fig. 1. SPECT, axial brain slices.

Dynamics of CBF: а – increase in CBF in the postoperative period, б – decrease in CBF in the postoperative period.

(рис. 1).

Анализ перфузии головного мозга у 22 пациентов выявил следующие статистически значимые изменения показателей рМК после операции в сравнении с дооперационными (табл. 1): увеличение в левой височной доле от $44,86 \pm 3,23$ мл/100г/мин на дооперационном этапе до $46,82 \pm 3,53$ мл/100г/мин после операции ($p=0,015$), снижение показателей СВФ в правой затылочной доле от $50,14 \pm 6,31$ мл/100г/мин до $47,55 \pm 4,88$ мл/100г/мин ($p=0,044$), в верхнем отделе правой теменной доли от $38,09 \pm 5,91$ мл/100г/мин до $36,41 \pm 5,71$ мл/100г/мин ($p=0,042$), в верхнем отделе левой теменной доли $42,5 \pm 4,5$ мл/100г/мин до $40,41 \pm 4,39$ мл/100г/мин ($p=0,014$).

Корреляционный анализ данных после оперативного вмешательства показал статистически значимую умеренную обратную связь между временем ИК и показателями рМК в верхнем отделе левой лобной доли ($R=$

$-0,472$, $p=0,031$), в левой затылочной доле ($R= -0,446$, $p=0,043$), в верхнем отделе левой теменной доли ($R= -0,661$, $p=0,001$); умеренную обратную корреляционную связь между временем пережатия аорты и показателями перфузии в левой затылочной доле ($R= -0,452$, $p=0,04$), верхних отделах левой теменной доли ($R= -0,529$, $p=0,014$); умеренную прямую корреляционную связь между временем пережатия сонных артерий и показателями СВФ в области базальных ядер справа ($R=0,594$, $p=0,005$) и слева ($R=0,469$, $p=0,032$), в нижних отделах обеих лобных долей, справа ($R=0,509$, $p=0,018$) и слева ($R=0,435$, $p=0,049$), в верхних отделах обеих затылочных долей, справа ($R=0,448$, $p=0,042$) и слева ($R=0,54$, $p=0,012$), в верхних отделах обеих теменных долей, справа ($R=0,574$, $p=0,007$) и слева ($R=0,592$, $p=0,005$).

Для изучения связи между показателями рМК и временем ИК мы разделили 21 пациента на 3 группы в зависимости от про-

Таблица №1. Показатели рМК в изучаемых зонах головного мозга.

Зоны	Правое полушарие		Левое полушарие	
	До операции	После операции	До операции	После операции
Височная доля	44,09±4,87	45,45±4,47 p=0,286236	44,86±3,23	46,82±3,53 p=0,014773
Лобная доля	46,68±5,15	47,05±4,03 p=0,531553	44,77±4,91	45,01±3,61 p=0,820222
Теменная доля (верхние отделы)	38,09±5,91	36,41±5,71 p=0,041889	42,5±4,5	40,41±4,39 p=0,013742
Затылочная доля	50,14±6,31	47,55±4,88 p=0,043805	47,73±7,22	46±4,94 p=0,223789
Таламус	62,41±8,94	63,64±9,91 p=0,643519	63,36±7,56	62,36±6,87 p=0,848395
Базальные ядра	59,73±8,06	64,55±9,51 p=0,171240	61,88±8,7	63,64±9,16 p=0,304587

должительности ИК: в первой группе (n=7) ИК составило 50-70 мин, во второй (n=9) – 70-90 мин, в третьей (n=5) - длительность ИК более 100 мин, один пациент не вошел в группы по причине отсутствия данных по времени ИК. Анализ рМК в послеоперационном периоде показал статистически значимое различие между 1-й и 2-й группами (p=0,011), показатели СВФ во 2-й группе ниже на 6,49 мл/100г/мин, между 1-й и 3-й группами (p=0,006), показатели СВФ в 3-й группе ниже на 10,71 мл/100г/мин, показатели 2-й и 3-й групп между собой статистически не различались. В дооперационном периоде у пациентов из 1-й и 2-й групп, 2-й и 3-й групп различий не отмечалось, показатели рМК в 3-й группе были статистически значимо ниже показателей в 1й группе на 8,37 мл/100г/мин (p=0,015). Таким образом, можно сделать вывод, что увеличение времени ИК ведет к ухудшению перфузии в левой затылочной доле, в верхних отделах левой лобной и левой теменной доли (рис. 2).

Для изучения связи между показателями рМК и временем пережатия аорты мы разделили 20 пациентов на 3 группы в зависимости от продолжительности пережатия аорты: в первой группе время пережатия

аорты составило менее 43 мин (n=6), во второй (n=7) – 43-58 мин, в третьей (n=7) – 59-75 мин, два пациента не вошли в группы по причине отсутствия данных по времени пережатия аорты. Анализ рМК в послеоперационном периоде показал статистически значимое различие между 1-й и 3-й группами (p=0,022), показатели СВФ в 3-й группе ниже на 6,62 мл/100г/мин, остальные группы между собой статистически значимо не различались. В дооперационном периоде статистически значимых различий показателей СВФ у пациентов из этих групп не определялось. Таким образом, можно сделать вывод, что увеличение времени пережатия аорты отрицательно влияет на показатели перфузии головного мозга в левой затылочной доле и в верхних отделах левой теменной доли (рис. 3).

Для изучения связи между показателями рМК и временем пережатия сонных артерий мы разделили 20 пациентов на 2 группы: в первой группе время пережатия сонных артерий составило 19-25 мин (n=11), во второй группе 26-31 мин (n=9), два пациента не вошли в группы по причине отсутствия данных по времени пережатия сонных артерий. Анализ рМК в послеоперационном периоде

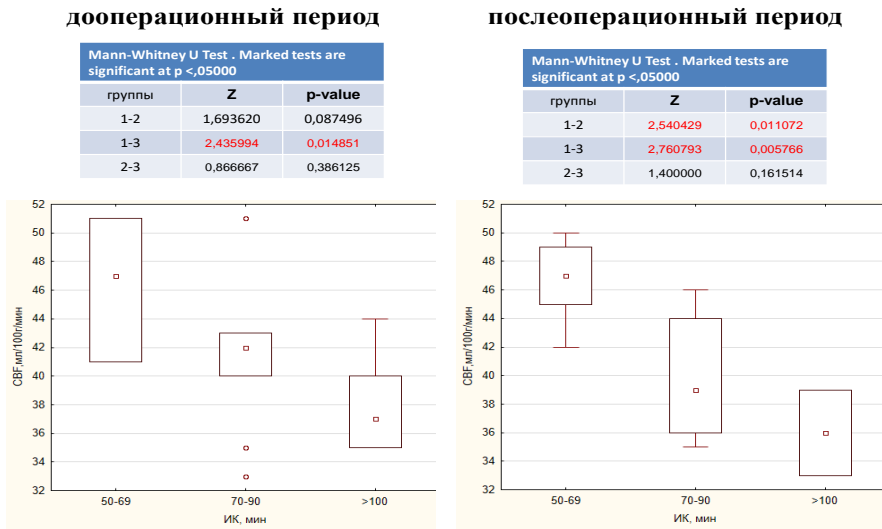


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Диаграмма размаха.

Различия между показателями рМК у пациентов в зависимости от продолжительности искусственного кровообращения.

Fig. 2. Box plot.

Differences between CBF inpatients depending on the duration of cardiopulmonary bypass.

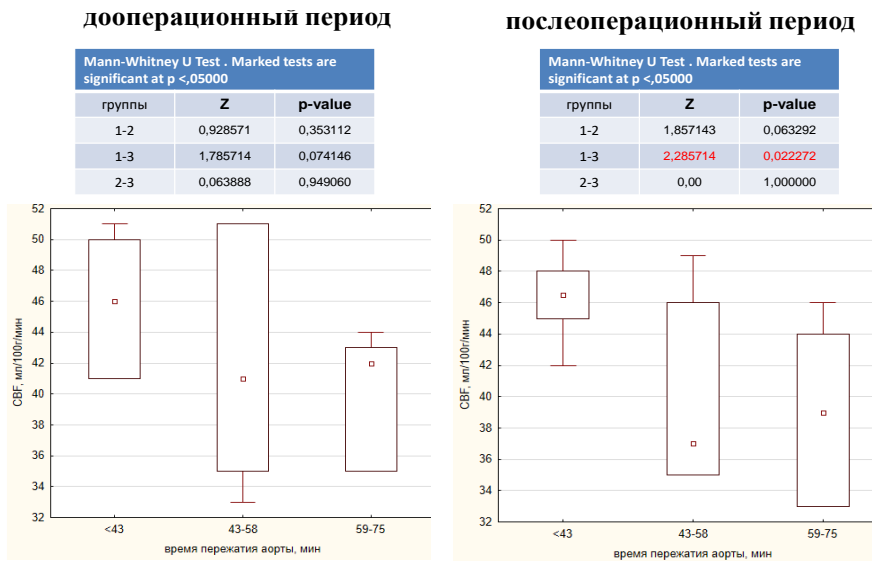


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. Диаграмма размаха.

Различия между показателями рМК у пациентов в зависимости от времени пережатия аорты.

Fig. 3. Box plot.

Differences between CBF in patients depending on the time of aortic clamping.

показал статистически значимое различие между группами ($p=0,012$), показатели CBF во 2-й группе выше на 4,45 мл/100г/мин. В дооперационном периоде статистически значимых различий показателей CBF у пациентов из этих групп не определялось. Таким образом, можно сделать вывод, что увеличение времени пережатия сонных артерий ведет к увеличению показателей перфузии головного мозга в отдельных областях, что может быть проявлением реперфузионного

ем венечных и брахиоцефальных артерий представляют собой тяжелую группу, у которой проявления мультифокального атеросклероза сочетаются с большим разнообразием комбинаций из сопутствующей патологии, поэтому долгие годы ведутся диспуты о правильном выборе тактики реваскуляризации для них. Одномоментная хирургическая коррекция на двух сосудистых бассейнах подразумевает увеличение длительности операции и анестезиологического пособия, что,

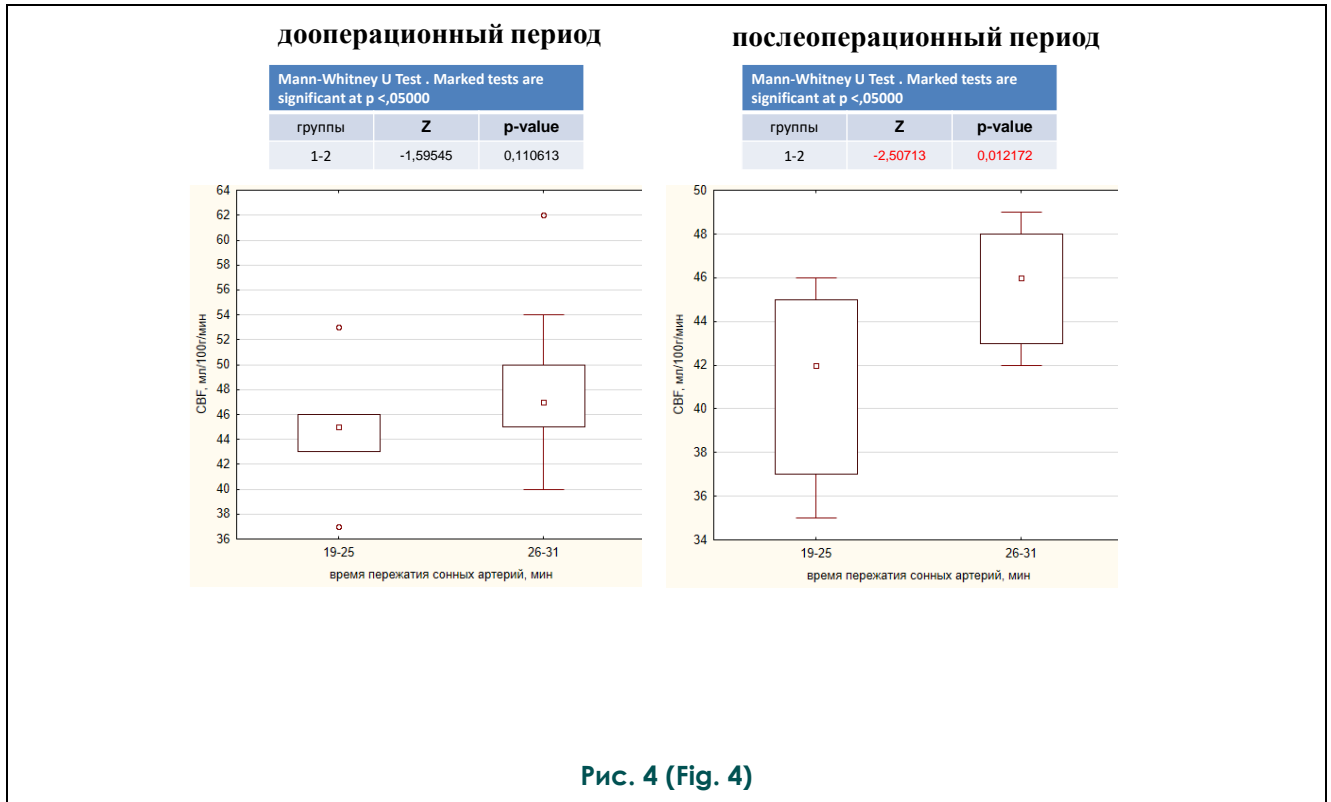


Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. Диаграмма размаха.

Различия между показателями рМК у пациентов в зависимости от времени пережатия сонных артерий.

Fig. 4. Box plot.

Differences between CBF in patients depending on the time of carotid artery clamping.

синдрома (рис. 4).

Обсуждение.

Нейровизуализационные методы играют значимую роль в исследовании патогенетических механизмов развития неврологических осложнений после кардиохирургических вмешательств. Однако, в настоящее время, возможности этих методов в оценке неврологических исходов ограничены из-за их высокой стоимости, что в большей степени относится к ОЭКТ и ПЭТ, и недостаточной изученностью клинического значения получаемой с их помощью информации [11]. Пациенты с атеросклеротическим поражени-

по данным литературы, сопряжено с повышенным риском возникновения осложнений как со стороны сердца, так и со стороны головного мозга. Адекватный выбор нейровизуализации позволяет своевременно диагностировать неврологические нарушения в послеоперационном периоде, а, следовательно, и корректировать терапию для их устранения, а также в определенной степени может сыграть роль при выборе оптимальной хирургической тактики на дооперационном этапе. С этой позиции ОЭКТ представляет собой определенный интерес. Данный метод хоть и не обладает высоким пространствен-

ным разрешением для оценки морфологической структуры, однако позволяет получить данные о функциональном состоянии головного мозга одновременно на всех уровнях. Анализ литературы показывает, что метод ОЭКТ успешно применяют у пациентов с атеросклеротическими изменениями сонных и коронарных артерий для оценки состояния головного мозга на дооперационном этапе. Большинство этих исследований представляет ОЭКТ как метод оценки функционального резерва церебрального кровотока, а полученные данные используют как один из критериев при выборе оптимальной хирургической тактики, однако работы, раскрывающие собственно динамику изменений перфузии после симультанных вмешательств, встречаются редко [12]. Выявленное нами, снижение перфузии по данным ОЭКТ в отдельных зонах головного мозга после симультанного вмешательства в условиях ИК может быть обусловлено различными факторами, такими как микроэмболия сосудов головного мозга, развитие транзиторной ишемии вследствие снижения перфузионного давления во время проведения ИК [13]. Так, по мнению некоторых авторов, неврологические осложнения, возникшие при проведении коронарного шунтирования, даже у пациентов с атеросклеротическими изменениями сонных артерий, являются следствием сердечной эмболии или значительного атероматоза восходящей аорты [14]. Выявленная нами прямая связь между временем пережатия сонных артерий и увеличением показателей рМК может быть проявлением реперфузионного синдрома, при котором наблюдается увеличение перфузии, обусловленное повышением кровотока в бассейне стенозированной до операции артерии, развивающимся после КЭ и превышающим метаболические потребности мозга [15, 16]. Одним из важнейших свойств головного мозга является механизм ауторегуляции, отвечающий за поддержание церебрального кровотока на определенном уровне. При наличии длительно существующих стенозов каротидных артерий могут возникнуть нарушения механизмов ауторегуляции, что, по мнению ряда авторов, создает предпосылки для развития неврологических осложнений в послеоперационном периоде, к которым относят не только ишемические изменения вследствие тромбоза, эмболии и гипоперфузии головного мозга на фоне длительного пережатия сон-

ных артерий, но и гиперперфузию головного мозга в послеоперационном периоде на фоне дезорганизации ауторегуляторных механизмов [17]. Полученные данные несомненно требуют сопоставления с клинической картиной, так как на сегодняшний день литературные данные указывают на то, что основным методом диагностики когнитивных нарушений у пациентов кардиохирургического профиля остается нейропсихологическое тестирование [18]. В то же время исследователи отмечают, что не каждый нейропсихологический тест обладает достаточной чувствительностью для выявления послеоперационных неврологических изменений головного мозга, поэтому накопление данных в области нейровизуализационных методик будет способствовать появлению дополнительных диагностических признаков когнитивной дисфункции [19].

Заключение.

Полученные данные свидетельствуют, что симультанные оперативные вмешательства на брахиоцефальных и венечных артериях могут сопровождаться снижением регионарного мозгового кровотока в правой затылочной доле и в верхних отделах обеих теменных долей, увеличением показателей перфузии в левой височной доле.

Потенциально травмирующие факторы оперативного вмешательства (продолжительность искусственного кровообращения, время пережатия аорты и сонных артерий) вызывают значимые изменения кровотока в определенных областях головного мозга, которые зависят от времени воздействия и должны учитываться как факторы риска послеоперационных локальных нарушений гемодинамики.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Исследование в рамках фундаментальной темы НИИ КПССЗ «Мультифокальный атеросклероз и коморбидные состояния. Особенности диагностики, управления рисками в условиях крупного промышленного региона Сибири».

Список литературы:

1. Авилова М.В., Космачева Е.Д. Мультифокальный атеросклероз: проблема сочетанного атеросклеротического поражения коронарного и брахиоцефального бассейнов. *Креативная кардиология*. 2013; 7 (1): 5-13.
2. Чарчян Э.Р., Степаненко А.Б., Белов Ю.В., Генс А.П., Кабанова М.Н., Тураев М.М. Одномоментные хирургические вмешательства на коронарном и каротидном бассейнах в лечении мультифокального атеросклероза. *Кардиология*. 2014; 54 (9): 46-51.
3. Данилович А.И., Р.С. Тарасов Р.С. Реваскуляризация головного мозга и миокарда при мультифокальном атеросклерозе: современный взгляд на проблему. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2019; 23 (4): 26-36. DOI: 10.21688/1681-3472-2019-4-26-36
4. 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; 4 (4): 16-20.
5. 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; 5 (1): 95-102. DOI: 10.17802/2306-1278-2016-1-95-102
6. Catafau A.M. Brain SPECT in clinical practice. Part I: Perfusion. *The Journal of Nuclear Medicine*. 2001; 42 (2): 259-271.
7. 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; 4: 32-37.
8. Degirmenci B., Durak H., Hazan E., Karabay O., Derebek E., Yilmaz M., Ozbilek E., Oto O. The effect of coronary artery bypass surgery on brain perfusion. *J Nucl Med*. 1998; 39 (4): 587-91.
9. Бабянц А.Я., Хананаивили Я.А. Мозговое кровообращение: физиологические аспекты и современные методы исследования. *Журнал фундаментальной медицины и биологии*. 2018; 3: 46-54.
10. 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; 8: 13-22. DOI: 10.1038/jcbfm.1988.28
11. Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Полунина А.Г., Брескина Н.Ю. Методы оценки неврологических исходов в кардиохирургии. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2005; 2: 8-14.
12. Кузнецов М.С., Козлов Б.Н., Насраивили Г.Г., Панфилов Д.С., Плотников М.П., Андриянова А.В. и др. Анализ результатов хирургического лечения сочетанного атеросклеротического поражения сонных и коронарных артерий. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2016; 5 (3): 35-42. DOI: 10.17802/2306-1278-2016-3-35-42
13. Ефимова Н.Ю., Чернов В.И., Ефимова И.Ю., Ахмедов Ш.Д., Лишманов Ю.Б. Изменение мозгового кровотока и когнитивной функции у больных, перенесших операцию коронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения. *Кардиология*. 2015; 55 (6): 40-46.
14. Сигаев И.Ю., Кудашев И.Ф., Керен М.А., Казарян А.В., Старостин М.В., Морчадзе Б.Д. Выбор оптимальной тактики хирургического лечения при выполнении сочетанных операций каротидной эндартерэктомии и коронарного шунтирования в аспекте снижения частоты неврологических осложнений. *Клиническая физиология кровообращения*. 2017; 14 (1): 31-38. DOI: 10.24022/1814-6910-2017-14-1-31-38
15. Белов Ю.В., Медведева Л.А., Загоруйко О.И., Комаров Р.Н., Дракина О.В. Нейрокогнитивные и психоэмоциональные расстройства у пациентов с атеросклерозом внутренних сонных артерий в послеоперационном периоде после каротидной эндартерэктомии. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2015; 8 (4): 37-42. DOI: 10.17116/kardio20158437-42
16. 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; 50 (4): 44-51.
17. Кузнецов М.Р., Федин А.И., Каралкин А.В., Фролов К.Б., Куницын Н.В., Юмин С.М. и др. Эффективность фармакологического прекогнитивного кондиционирования при каротидной эндартерэктомии. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2016; 116 (2): 34-41. DOI: 10.17116/jnevro20161162134-41
18. Алексеева Т.М., Портник О.А. Особенности диагностики послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов после кардиохирургических вмешательств (обзор литературы). *Consilium medicum*. 2018; 20 (10): 86-90. DOI: 10.26442/2075-1753_2018.10.86-90
19. Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Полунина А.Г., Бегачев А.В., Лефтеров Н.П. Когнитивные нарушения у кардиохирургических больных: неврологические корреляты, подходы к диагностике и клиническое значение. *Креативная кардиология*. 2007; 1-2: 231-243.

References:

1. Avilova M.V., Kosmacheva E.D. Multifocal atherosclerosis: the problem of combined atherosclerotic lesion of arteries. *Creative Cardiology*. 2013; 7 (1): 5-13 (in Russian).
2. Charchyan E.R., Stepanenko A.B., Belov Yu.V., Gens A.P., Kabanova M.N., Turayev M.M. One-stage carotid and coronary artery surgeries in the treatment of multifocal atherosclerosis. *Kardiologiya*. 2014; 54 (9): 46-51 (in Russian).
3. Danilovich A.I., Tarasov R.S. A modern view on revascularisation of brain and myocardium in patients with multifocal atherosclerosis: A review. *Circulation pathology and cardiac*

- surgery. 2019; 23 (4): 26-36 DOI: 10.21688/1681-3472-2019-4-26-36 (in Russian).
4. 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; 4 (4): 16-20 (in Russian).
5. 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; 5 (1): 95-102 DOI: 10.17802/2306-1278-2016-1-95-102 (in Russian).
6. Catafau A.M. Brain SPECT in clinical practice. Part I: Perfusion. *The Journal of Nuclear Medicine*. 2001; 42 (2): 259-271.
7. 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; 4: 32-37 (in Russian).
8. Degirmenci B., Durak H., Hazan E., Karabay O., Derebek E., Yilmaz M., Ozbilek E., Oto O. The effect of coronary artery bypass surgery on brain perfusion. *J Nucl Med*. 1998; 39 (4): 587-91.
9. Babiyants A.Ya., Khananashvili Ya.A. Cerebral circulation: physiological aspects and modern research methods. *Zhurnal fundamental'noy meditsiny i biologii*. 2018; 3: 46-54 (in Russian).
10. 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; 8: 13-22. DOI: 10.1038/jcbfm.1988.28
11. Bockeria L.A., Golukhova Ye. Z., Polunina A.G., Breskina Yu. Methods for assessing neurological outcomes in 8 cardio-surgery. *Russian journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2005; 2: 8-14 (in Russian).
12. Kuznetsov M.S., Kozlov B.N., Nasrashvili G.G., Panfilov D.S., Plotnikov M.P., Andiyanova A.V. et al. Analysis of the surgical outcomes of combined atherosclerotic lesions of carotid and coronary arteries. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2016; 5 (3): 35-42 DOI: 10.17802/2306-1278-2016-3-35-42 (in Russian).
13. Efimova N., Chernov V., Efimova I., Akhmedov Sh., Lishmanov Yu. Changes in cerebral blood flow and cognitive function in patients undergoing coronary bypass surgery with cardiopulmonary bypass. *Kardiologiya*. 2015; 55 (6): 40-46 (in Russian).
14. Sigaeu I.Yu., Kudashev I.F., Keren M.A., Kazaryan A.V., Starostin M.V., Morchadze B.D. Determinations of the optimal surgical treatment simultaneous operations perform of carotid endarterectomy and coronary artery bypass grafting in the aspect of reducing the incidence of neurological complications. *Clinical physiology of circulation*. 2017; 14 (1): 31-38. DOI: 10.24022/1814-6910-2017-14-1-31-38 (in Russian).
15. Belov Yu.V., Medvedeva L.A., Zagorul'ko O.I., Komarov R.N., Drakina O.V. Postoperative neurocognitive and psycho-emotional disorders in patients with internal carotid arteries atherosclerosis after carotid endarterectomy. *Russian journal of cardiology and cardiovascular surgery*. 2015; 8 (4): 37-42 DOI: 10.17116/kardio20158437-42(in Russian).
16. 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. *Neurologicheskiy vestnik*. 2018; 50 (4): 44-51 (in Russian).
17. Kuznetsov M.P., Fedin A.I., Karalkin A.V., Frolov K.B., Kunitsin N.V., Yumin S.M. et al. The efficacy of pharmacological preconditioning in carotid endarterectomy. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2016; 116 (2): 34-41 Doi: 10.17116/jnevro20161162134-41 (in Russian).
18. Alekseeva T.M., Portik O.A. Diagnostic features of postoperative cognitive dysfunction in patients after cardiosurgical interventions (literature review). *Consilium medicum*. 2018; 20 (10): 86-90 DOI: 10.26442/2075-1753_2018.10.86-90 (in Russian).
19. Bokeriya L.A., Golukhova E.Z., Polunina A.G., Begachev A.V., Lefterova N.P. Cognitive impairment in cardiosurgical patients: neurological correlates, approaching diagnosis and clinical significance. *Creative cardiology*. 2007; 1-2: 231-243 (in Russian).