УДК 617.735-02:616.12-005-78:616.12-089-06
DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-28-33

М. Л. ДЬЯКОВА¹, Ю. К. ПОДОКСЕНОВ^{1, 2},
Е. В. ШИШНЕВА¹, М. С. ДЕНИСКО², А. А. КРЫЛОВА²,
О. И. КРИВОШЕИНА², В. М. ШИПУЛИН^{1, 2}

Особенности структурно-функционального состояния сетчатки в условиях искусственного кровообращения во время кардиохирургических операций

¹ Научно-исследовательский институт кардиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», г. Томск, Россия 634012, Россия, г. Томск, ул. Киевская, д. 111а

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Томск, Россия 634050, г. Томск, Московский тракт, д. 2
E-mail: krilovane@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 04.06.21 г.; принята к печати 30.07.21 г.

Резюме

Введение. Кардиохирургические операции с использованием искусственного кровообращения (ИК) успешно проводятся более 60 лет, однако в настоящее время необходимо дальнейшее изучение изменений гемодинамики тканей во время проведения вмешательств для минимизации возможных ятрогенных осложнений. Одной из таких тканей, доступных для непосредственного наблюдения за сосудами микроциркуляторного русла, является сетчатка. **Цель** – изучить структурно-функциональное состояние сетчатки у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство с использованием ИК, и выявить потенциальные факторы, негативно влияющие на ретинальный кровоток. **Материалы и методы.** В клиническом исследовании приняли участие 10 пациентов (20 глаз). Всем больным до кардиохирургической операции с использованием ИК и на 10–14-й день после нее проводили визометрию, периметрию, бесконтактную тонометрию, биомикроскопию, обратную бинокулярную офтальмоскопию, фоторегистрацию глазного дна, оптическую когерентную томографию сетчатки макулярной области и диска зрительного нерва с определением толщины ганглиозных клеток и слоя нервных волокон. Для проведения ИК выполняли фармакохолодовой кардиоплегии раствором Кустодиол с использованием унифицированной хирургической и анестезиологической тактики. ИК выполнялось на аппарате с одноразовыми мембранными оксигенаторами (Strockert, Германия) в условиях нормотермии, кровообращение обеспечивали непульсирующим кровотоком с объемной скоростью 2,4–2,8 л/мин/м² при начальной дозе гепарина 300 ЕД/кг. **Результаты.** При проведении исследований выявлена корреляция изменений гистоархитектоники сетчатки с уровнем среднего артериального давления (САД). Так, у 30 % пациентов обнаружено появление ишемических очагов вдоль сосудистых аркад. У 10 % больных наблюдалось уменьшение толщины ганглиозного слоя и слоя нервных волокон сетчатки вследствие нарушения кровообращения в сосудах, питающих зрительный нерв. **Выводы.** Повышение САД до 90 мм рт. ст. и выше и колебания его уровня более 20 мм рт. ст. ($p < 0,05$) во время кардиохирургической операции в условиях ИК в 67 % случаев сопровождается транзиторным нарушением регионарного кровообращения на уровне сосудов микроциркуляторного русла сетчатки с появлением ишемических фокусов в ретинальной ткани. В связи с этим необходим тщательный контроль параметров САД во время проведения ИК для предотвращения нарушений кровообращения в различных органах и тканях организма.

Ключевые слова: искусственное кровообращение, кардиохирургические операции, сетчатка, микроциркуляция

Для цитирования: Дьякова М. Л., Подоксенов Ю. К., Шишнева Е. В., Дениско М. С., Крылова А. А., Кривошеина О. И., Шипулин В. М. Особенности структурно-функционального состояния сетчатки в условиях искусственного кровообращения во время кардиохирургических операций. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2021;20(3):28–33. Doi: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-28-33.

UDC 617.735-02:616.12-005-78:616.12-089-06
DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-28-33

М. Л. DIAKOVA¹, Yu. K. PODOKSENOV^{1, 2}, E. V. SHISHNEVA¹,
M. S. DENISKO², A. A. KRYLOVA², O. I. KRIVOSHEINA²,
V. M. SHIPULIN^{1, 2}

Features of the retinal structural and functional state under cardiopulmonary bypass during cardiac surgery

¹ Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia 111a, Kievskaya street, Tomsk, Russia, 634012

² Siberian State Medical University, Tomsk, Russia 2, Moskovsky tract, Tomsk, Russia, 634050
E-mail: krilovane@yandex.ru

Received 04.06.21; accepted 30.07.21

Summary

Introduction. Cardiac surgeries using cardiopulmonary bypass (CB) have been successfully performed for more than 60 years, but at present it is necessary to further study the changes in tissue hemodynamics during interventions to minimize

possible iatrogenic complications. One of these tissues available for direct observation of the vessels of the microvasculature is the retina. *Aim* – to study the structural and functional state of the retina in patients who underwent cardiac surgery with the use of CB, and to identify potential factors that negatively affect the retinal blood flow. *Materials and methods*. The clinical study involved 10 patients (20 eyes). All patients before cardiac surgery using CB and 10–14 days after it underwent visometry, perimetry, non-contact tonometry, biomicroscopy, reverse binocular ophthalmoscopy, fundus photography, optical coherence tomography of the retina of the macular region and optic nerve head with determination of the thickness of the layer of ganglion cell and the layer of nerve fibers. To carry out CB, pharmaco-cold cardioplegia was performed with the Custodiol solution using unified surgical and anesthetic tactics. CB was performed on a device with disposable membrane oxygenators (Strockert, Germany) under normothermic conditions, blood circulation was provided with non-pulsating blood flow with a volumetric flow rate of 2.4–2.8 L/min/m² at an initial dose of heparin of 300 U/kg. *Results*. The studies revealed a correlation between changes in the histoarchitectonics of the retina and the level of mean arterial pressure (MAP). So, in 30 % of patients, the appearance of ischemic foci along the vascular arcades was found. In 10 % of patients, a decrease in the thickness of the ganglion layer and the layer of retinal nerve fibers was reported as a result of impaired blood circulation in the vessels supplying the optic nerve. *Conclusion*. Increase in MAP up to 90 mm Hg and above and fluctuations in its level of more than 20 mm Hg ($p < 0.05$) during cardiac surgery under cardiopulmonary bypass in 67 % of cases is accompanied by transient disturbance of regional blood circulation at the level of vessels of the microvasculature of the retina with the appearance of ischemic foci in the retinal tissue. In this regard, it is necessary to carefully monitor the MAP parameters during the cardiopulmonary bypass to prevent circulatory disorders in various organs and tissues of the body.

Keywords: cardiopulmonary bypass, cardiac surgery, retina, microcirculation

For citation: Diakova M. L., Podoksenov Yu. K., Shishneva E. V., Denisko M. S., Krylova A. A., Krivosheina O. I., Shipulin V. M. Features of the retinal structural and functional state under cardiopulmonary bypass during cardiac surgery. Regional hemodynamics and microcirculation. 2021;20(3):28–33. Doi: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-28-33.

Введение

Впервые кардиохирургическую операцию с использованием аппарата искусственного кровообращения (ИК) выполнил американский хирург Форест Дьюи Додрилл 3 июля 1952 г. Однако, несмотря на последующий в течение 70 лет успешный опыт проведения кардиохирургических операций с использованием данного оборудования, до настоящего времени ряд вопросов, связанных с ИК, остается не выясненным. Одним из таких вопросов является целевое значение среднего артериального давления (САД), способного поддержать адекватную внутриоргannую перфузию и позволяющего избежать гипоперфузии головного мозга, с одной стороны, и ишемии тканей пациента вследствие повышения трансмурального давления, с другой стороны [1–5]. Не менее важным вопросом является потенциальная возможность изменений в системе гемостаза больного при прохождении крови через контур аппарата ИК с риском развития тромбоэмболических осложнений вследствие «залпового» поступления микроэмболов в кровяное русло и деформации форменных элементов крови, а также активации кининовой системы, что, в конечном итоге, приводит к нарушению микроциркуляции жизненно важных органов больного [2, 6, 7].

Изучение *in vivo* динамики структурно-функциональных изменений сосудов микроциркуляторного русла различных органов и систем во время ИК при проведении кардиохирургического вмешательства позволило бы определить безопасный уровень САД [8] и тактику ведения пациентов в интра- и послеоперационном периодах. Как известно, одной из наиболее чувствительных даже к незначительным изменениям кровообращения тканей является сетчатка глаза [9].

Цель – изучить структурно-функциональное состояние сетчатки у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство с использованием ИК, и выявить потенциальные факторы, негативно влияющие на ретинальный кровоток.

Материалы и методы исследования

Клиническое исследование проведено на базе офтальмологической клиники СибГМУ и отделения сердечно-сосудистой хирургии Томского НИМЦ НИИ кардиологии. В исследовании участвовали 10 пациентов (20 глаз) с диагнозом «Ишемическая болезнь сердца», которым планировалось проведение аортокоронарного шунтирования с применением аппарата ИК. В исследование не включались пациенты, имеющие патологию сетчатки и (или) зрительного нерва различного генеза, а также непрозрачные оптические среды (помутнение роговицы, незрелая катаракта).

Всем больным до кардиохирургической операции с использованием ИК и на 10–14-й день после вмешательства проводили офтальмологическое обследование, включающее в себя визометрию, периметрию, бесконтактную тонометрию (*Tomey*, Япония), биомикроскопию переднего отрезка глаза, обратную бинокулярную офтальмоскопию, фоторегистрацию глазного дна, оптическую когерентную томографию (ОКТ) сетчатки макулярной области и диска зрительного нерва (ДЗН) с определением толщины ганглиозного слоя и слоя нервных волокон (*Topcon Corporation*, Япония). Перед исследованием все пациенты подписывали информированное согласие.

Все больные прооперированы в условиях ИК с кардиopleгией раствором «Кустодиол» (*Koehler Chemie, Alsbach-Haenli*, Германия). Во время операции использовали унифицированную хирургическую и анестезиологическую тактику [10]. Для достижения анестезии использовали эндотрахеальный наркоз Севофлюраном и тотальную внутривенную анальгезию Фентанилом и Пропрофолом. Искусственную вентиляцию легких проводили при помощи аппарата *Primus (Dräger, Германия)* по полузакрытому контуру в режиме Controlled Mandatory Ventilation с управлением по объему с положительным давлением конца выдоха 5 см H₂O, дыхательным объемом 6–8 мл/кг идеальной массы тела, с частотой дыхательных движений,

Динамика результатов офтальмологического статуса пациентов до и после кардиохирургического вмешательства с использованием ИК, Ме [25; 75]

Changes in the data of ophthalmological examination of patients before and after cardiac surgery using cardiopulmonary bypass, Me [25; 75]

Данные офтальмологического исследования	До операции	Через 10–14 суток после операции
Максимально скорректированная острота зрения	0,85 [0,3; 2,0].	0,83 [0,3; 1,5]
Сумма показателей поля зрения по восьми меридианам, градусы	467 [450,0; 480,0]	471 [448,0; 482,0]
Уровень внутриглазного давления, мм рт. ст.	15,5 [13,0; 18,0]	16,1 [13,3; 17,8]
Толщина сетчатки в области центральной ямки желтого пятна, мкм	231,5 [227,0; 235,0]	229,0 [224,0; 241,0]
Толщина сетчатки вдоль артериол 1,2 порядка на расстоянии 1 диаметра ДЗН, мкм	258 [254; 265]	428 [419,0; 435,0], p=0,031
Толщина ганглиозного слоя, мкм	78 [72; 81]	59 [51; 76], p=0,028

Примечание: p – уровень статистической значимости различий по сравнению с исходными данными.

необходимых для адекватной целевой оксигенации и вентиляции. ИК выполняли на аппарате с одно-разовыми мембранными оксигенаторами (*Strockert*, Германия). ИК проводили в условиях нормотермии, кровообращение обеспечивали непulsирующим кровотоком с объемной скоростью 2,4–2,8 л/мин/м², содержание в крови гемоглобина – не менее 80 г/л, уровень гематокрита – 0,24–0,26 [11]. Начальная доза гепарина составила 300 ЕД/кг. После окончания ИК выполняли инактивацию гепарина протамином сульфатом из расчета 1:1 с контролем времени активированного свертывания. Длительность ИК составляла 69,9 [60; 130] мин по расчету медианы и квартилей Ме [25; 75], аорта пережималась на 59,9 [35; 58] мин, минимальное САД во время проведения ИК достигало 58,4 [52; 61] мм рт. ст., максимальное САД при использовании ИК равнялось 76,8 [70; 86] мм рт. ст., при этом отмечались колебания САД до 18,3 [15; 23] мм рт. ст. Объемная скорость перфузии составляла 4,7 [4,1; 5,0] мл/кг/ч, сатурация была в пределах 99 [98; 99,9] %.

По окончании оперативного вмешательства пациентов транспортировали в отделение реанимации.

Для статистического анализа полученных результатов применяли пакет «IBM SPSS Statistics 20». Для описания количественных переменных рассчитывали медиану и квартили Ме [25; 75]. Для оценки корреляции использовали коэффициент Спирмена. При несоответствии распределения выборок нормальному закону для их сравнения использовали непараметрические критерии Манна – Уитни (для независимых выборок) и критерий Вилкоксона (для зависимых выборок). Для сравнения качественных характеристик использовали точный критерий Фишера. Различия считали статистически значимыми при p<0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Все пациенты были сопоставимы по полу (все 10 человек – мужчины), возрасту и давности заболевания. Средний возраст больных составлял 59,2 года [56; 64] по расчету медианы и квартилей Ме [25; 75]. Индекс массы тела составил 30,75 кг/м² [27; 34,2]. Среди сопутствующих заболеваний у всех пациентов наблюдалась гипертоническая болезнь, у 40 % боль-

ных выявлен сахарный диабет, у 60 % обнаружено ожирение, 20 % страдали хронической болезнью почек, 40 % пациентов имели вредные привычки (курение в анамнезе).

Основные результаты офтальмологического обследования пациентов, проведенного перед кардиохирургическим вмешательством, приведены в таблице.

При биомикроскопии переднего отрезка обоих глаз у всех (100 %) пациентов определялись начальные признаки возрастной катаракты в виде оводнения хрусталиковых швов и единичных спицеобразных помутнений в корковых отделах, обусловивших незначительное, до 0,9, снижение скорректированной остроты зрения. Каких-либо других патологических изменений переднего отрезка обоих глаз не выявлено.

В ходе осмотра глазного дна в 100 % случаев выявлялись признаки гипертонической ангиопатии и артериосклероза сетчатки. У 80 % пациентов (8 человек, 16 глаз) определялось изменение артериовенозного соотношения 1:3 (в норме – 2:3), у 20 % больных (2 человека, 4 глаза) артериовенозное соотношение составляло 1:4. У 100 % пациентов обнаруживались патологические артериовенозные перекресты 2–3-й степени (симптом Салюса – Гунна II–III) и симптом «серебряной проволоки» – один из признаков выраженного склероза стенки ретинальных сосудов. При этом во время проведения офтальмоскопии до оперативного лечения у 1 пациента (1 глаз) обнаружено уменьшение экскавации ДЗН до 0,1 диаметра ДЗН (так называемый «disk at risk» по W. Hoyt), что предполагает сужение канала, в котором проходят центральные артерия и вена сетчатки и, как следствие, повышает риск возникновения нарушения микроциркуляции в интрабульбарной части ДЗН (рисунок) [12, 13].

По данным ОКТ сетчатки, толщина ретинальной ткани в области центральной ямки желтого пятна до операции у всех (100 %) пациентов была в пределах референсных значений (таблица).

В раннем послеоперационном периоде и на 10–14-е сутки после вмешательства пациенты не отмечали субъективного ухудшения зрительных

Оптическая когерентная томография в проекции ишемических очагов сетчатки (а) и фотография глазного дна пациента на 14-й день после кардиохирургической операции (б)

The optical coherence tomography in the projection of retinal ischemic foci (a) and the photograph of the patient's fundus on the 14th day after cardiac surgery (b)

функций (снижение остроты зрения, появление скопом в поле зрения). При исследовании максимальной скорректированной остроты зрения у всех пациентов (10 человек, 20 глаз) не выявлено статистически значимой разницы ($p > 0,05$) между исходным уровнем данного показателя и результатами, полученными на 10–14-е сутки после операции (табл. 1). Сравнительный анализ показателей периметрии и тонометрии также не выявил статистически значимого изменения ($p > 0,05$) исследуемых параметров (таблица). По данным биомикроскопии переднего отрезка обоих глаз на 10–14-е сутки после вмешательства у 100 % пациентов (10 человек, 20 глаз) отсутствовали признаки прогрессирования катаракты.

По данным офтальмоскопии, в послеоперационном периоде у 70 % пациентов (7 человек, 14 глаз) сохранялись диагностированные в ходе первичного осмотра признаки гипертензивного артериосклероза.

Однако в 30 % (3 человека, 6 глаз) случаев в раннем послеоперационном периоде при офтальмоскопии на глазном дне по ходу крупных сосудистых аркад были обнаружены «мягкие экссудаты» – ишемические фокусы сероватого цвета, округлой формы, с нечеткими границами, величиной до $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{6}$ диаметра ДЗН, расположенные перипапиллярно, наличие которых свидетельствует о кратковременном локальном нарушении ретинального кровотока (рисунок).

При проведении ОКТ сетчатки в проекции ишемических фокусов выявлено увеличение толщины ретинальной ткани в 1,6 раза – до 428 [419,0; 435,0] мкм по сравнению с исходными данными (258 [254; 265] мкм, $p = 0,031$). На всем остальном протяжении толщина сетчатки оставалась в пределах исходных значений.

Кроме того, в 10 % (1 человек, 1 глаз) случаев в раннем послеоперационном периоде (10–14-е сутки), по данным ОКТ ДЗН, выявлено снижение толщины ганглиозного слоя на 15 % от исходного уровня и слоя нервных волокон сетчатки в перипапиллярной

зоне в нижневисочном секторе на 10 % от первоначальных значений (рисунок), что свидетельствует о нарушении кровообращения в сосудах, питающих зрительный нерв, вызвавшем последующую частичную атрофию слоя нервных волокон.

В ходе корреляционного анализа Спирмена для выявления взаимосвязи между параметрами ИК и нарушением ретинального кровотока было установлено, что появление зон ишемии сетчатки находится в прямой зависимости как от уровня максимального САД, так и от колебаний значений САД в условиях ИК в ходе кардиохирургического вмешательства. Так, например, повышение уровня САД до 90 мм рт. ст. и более во время операции в 100 % случаев сопровождалось появлением ишемических фокусов на сетчатке (3 человека, 6 глаз). Превышение разницы между максимальным и минимальным уровнями САД более чем на 20 мм рт. ст. в 67 % случаев также приводило к нарушению ретинальной перфузии с появлением зон ишемического отека сетчатки (3 человека, 6 глаз) ($p = 0,0350$).

Использование ИК в ходе кардиохирургических операций сопряжено с риском развития ряда осложнений, в том числе и тромбоэмболического характера, что подтверждается результатами проведенного исследования. Обнаружение у больных, перенесших кардиохирургическое вмешательство в условиях ИК, ишемических фокусов в сетчатке, отличающейся высокой чувствительностью к уровню кислорода, свидетельствует о кратковременном локальном нарушении кровотока в ретинальных артериях 1–2 порядка с последующим отеком сетчатки. Причинами транзиторного нарушения кровообращения в сосудах микроциркуляторного сетчатки могут быть микроэмболы и колебания трансмурального давления вследствие увеличения времени проведения ИК, длительного пережатия аорты, подъема объемной скорости перфузии, а также значительного повышения САД и его колебаний во время кардиохирургического вме-

шательства. С другой стороны, местные факторы – анатомические особенности строения головки ДЗН (так называемый «disk at risk») [12] – также могут являться предрасполагающим фактором для нарушения кровообращения в ДЗН и сетчатке у пациентов при снижении перфузионного давления в ходе кардиохирургических операций с ИК.

В связи с этим одним из важных профилактических моментов является определение целевого уровня САД, позволяющего сохранить перфузию на необходимом уровне и предотвратить значительные колебания трансмурального давления, приводящего к ишемическому повреждению тканей вследствие активации миогенной ауторегуляции и спазма сосудов. Относительно «безопасным» уровнем САД является его значение в пределах от 50 до 90 мм рт. ст. [10] при разнице между максимальным и минимальным значением САД не более 20 мм рт. ст.

Заключение

Повышение САД до 90 мм рт. ст. и выше, а также колебания уровня САД более 20 мм рт. ст. во время кардиохирургической операции в условиях ИК в 67 % случаев сопровождается транзиторным нарушением регионарного кровообращения на уровне сосудов микроциркуляторного русла сетчатки с появлением ишемических фокусов в ретинальной ткани. В связи с этим необходим тщательный контроль параметров САД во время проведения ИК для предотвращения нарушений кровообращения в различных органах и тканях организма.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики / Compliance with ethical standards

Все пациенты дали письменное добровольное информированное согласие на участие в представленной научной работе. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). Протокол исследования одобрен Этическим комитетом ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России. Протокол № 12 от 17.03.2020 г. / All patients gave written voluntary informed consent to participate in the presented scientific work. The study was carried out in accordance with the requirements of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (as revised in 2013). The study protocol was approved by the ethical committee of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Siberian State Medical University of the Ministry of Health of Russia No. 12 dated March 17, 2020.

Литература / References

1. Корнилов И. А., Пономарев Д. Н., Шмырев В. А. и др. Физиологические параметры искусственного кровообращения с точки зрения доказательной медицины. Часть I // Вестн. анестезиологии и реаниматологии. 2016;13(2):57–69. [Kornilov IA, Ponomarev DN,

Shmyrev VA, Skopets AA, Sinelnikov YS, Lomivorotov VV // *Physiological parameters of artificial blood circulation from the position of the evidence based medicine. Part 1. Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2016;13(2):57–69. (In Russ.). Doi: 10.21292/2078-5658-2016-13-2-57-69.

2. Радивилко А. С. Профилактика осложнений после операций с искусственным кровообращением (дайджест публикаций) // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2016. – Т. 3. – С. 117–123. [Radivilko AS. Prevention of complications after surgery with cardiopulmonary bypass // *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2016;(3):117–123. (In Russ.). Doi: 10.17802/2306-1278-2016-3-117-123.

3. Бокерия Л. А., Голухова Е. З., Ваничкин А. В. и др. Эхокардиологические корреляты при когнитивной дисфункции после кардиохирургических операций // Креативная кардиология. – 2015. – Т. 4. – С. 13–25. [Bockeria LA, Golukhova EZ, Vanichkin AV, Polunina AG, Lefterova NP, Kazanovskaya SN. Echocardiographic correlates at cognitive dysfunction after cardiac surgery // *Creative Cardiology*. 2015;(4):13–25 (In Russ.). Doi: 10.15275/kreatkard.2015.04.02.

4. Козлов Б. Н., Панфилов Д. С., Кузнецов М. С. и др. Антеградная унилатеральная перфузия головного мозга через брахиоцефальный ствол при операциях на дуге аорты // Ангиология и сосуд. хир. – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 195–198. [Kozlov BN, Panfilov DS, Kuznetsov MS, Ponomarenko IV, Nasrashvili GG, Shipulin VM. Antegrade unilateral cerebral perfusion through the brachiocephalic shaft during operations on the aortic arch. *Angiology and Vascular Surgery*. 2016;22(1):195–198. (In Russ.).]

5. Мониторинг церебральной гемодинамики во время коронарного шунтирования без искусственного кровообращения / А. В. Лысенко, Ю. В. Белов, Р. Н. Комаров, А. В. Стоногин // Кардиология и сердечно-сосуд. хир. – 2015. – Т. 8, № 6. – С. 4–7. [Lysenko AV, Belov YuV, Komarov RN, Stonogin AV. Monitoring of cerebral hemodynamics during off-pump coronary artery bypass grafting // *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2015;8(6):4–7 (In Russ.). Doi: 10.17116/kardio2015864-7.

6. Ono M, Brady K, Easley RB, Brown C, Kraut M, Gottesman RF. Duration and magnitude of blood pressure below cerebral autoregulation threshold during cardiopulmonary bypass is associated with major morbidity and operative mortality // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2014;147(1):483–489. Doi: 10.1016/j.jtcvs.2013. D7.069.

7. Hessel EA. What's new in cardiopulmonary bypass // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth*. 2019;33(8):2296–2326. Doi: 10.1053/j.jvca.2019.01.039.

8. Корнилов И. А., Пономарев Д. Н., Шмырев В. А. и др. Физиологические параметры искусственного кровообращения с точки зрения доказательной медицины (часть 2) // Вестн. анестезиологии и реаниматологии. 2016;13(3):29–42. [Kornilov IA, Ponomarev DN, Shmyrev VA, Skopets AA, Sinelnikov YS, Lomivorotov VV. Physiological parameters of artificial blood circulation from the position of the evidence based medicine (part 2) // *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2016;13(3):29–42. (In Russ.). Doi: 10.21292/2078-5658-2016-13-3-2942.

9. Зарубина И. В. Современные представления о патогенезе гипоксии и ее фармакологической коррекции // Обзоры по клин. фармакологии и лекарств. тер. – 2001. – Т. 9, № 3. – С. 31–48. [Zarubina IV. Modern ideas about the pathogenesis of hypoxia and its pharmacological correction. *Reviews on the clinical pharmacology and drug therapy* 2001;9(3):31–48. (In Russ.).]

10. Vedel AG, Holmgaard F, Rasmussen LS, Langkilde A, Paulson OB, Lange T. High-Target Versus Low-Target Blood

Pressure Management During Cardiopulmonary Bypass to Prevent Cerebral Injury in Cardiac Surgery Patients: A Randomized Controlled Trial // *Circulation* 2018;137(17):1770–1778. Doi: 10.1161/circulationaha.117.030308.

11. Sun LY, Chung AM, Farkouh ME, van Diepen S, Weinberger J, Bourke M. Defining an intraoperative hypotension threshold in association with stroke in cardiac surgery // *Anesthesiology*. 2018;129(3):440–447. Doi: 10.1097/aln.0000000000002298.

12. Miller NR, Arnold AC. Current concepts in the diagnosis, pathogenesis and management of nonarteritic anterior ischaemic optic neuropathy // *Eye (Lond)*. 2015;29(1):65–79.

13. Cestari DM, Gaier ED, Bouzika P, Blachley TS, De Lott LB. Demographic, systemic, and ocular factors associated with nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy // *Ophthalmology*. 2016;(123):2446–2455. Doi: 10.1016/j.optha.2016.08.017.

Информация об авторах

Дьякова Мария Леонидовна – канд. мед. наук, научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии, Томский НИМЦ НИИ кардиологии, г. Томск, Россия, ORCID: 0000-0001-9353-7234, e-mail: prima.maria@mail.ru.

Подоксенов Юрий Кириллович – д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии, Томский НИМЦ НИИ кардиологии, г. Томск, Россия; профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, СибГМУ Минздрава России, г. Томск, Россия, ORCID: 0000-0002-8939-2340, e-mail: uk@cardio-tomsk.ru.

Шишнева Евгения Васильевна – канд. мед. наук, зав. отделением анестезиологии и реанимации, отделение сердечно-сосудистой хирургии, Томский НИМЦ НИИ кардиологии, г. Томск, Россия, ORCID: 0000-0003-2799-0190, e-mail: sri@cardio-tomsk.ru.

Дениско Марьяна Сергеевна – ассистент кафедры офтальмологии, СибГМУ Минздрава России, г. Томск, Россия, ORCID: 0000-0003-2696-7183, e-mail: m.s.sharova@mail.ru.

Крылова Анна Андреевна – канд. мед. наук, доцент кафедры офтальмологии, СибГМУ Минздрава России, г. Томск, Россия, ORCID: 0000-0001-8009-6302, e-mail: krilovane@yandex.ru.

Кривошеина Ольга Ивановна – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой офтальмологии, СибГМУ Минздрава России, г. Томск, Россия, ORCID: 0000-0001-7509-5858, e-mail: oikr@yandex.ru.

Шипулин Владимир Митрофанович – д-р мед. наук, профессор, научный руководитель отделения сердечно-сосудистой хирургии, Томский НИМЦ НИИ кардиологии, г. Томск, Россия; профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, СибГМУ Минздрава России, г. Томск, Россия, ORCID: 0000-0003-1956-0692, e-mail: shipulin@cardio-tomsk.ru.

Authors information

Diakova Maria L. – Cand. of Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia, ORCID: 0000-0001-9353-7234, e-mail: prima.maria@mail.ru.

Podoksenov Yuri K. – Dr. of Sci. (Med.), Leading Research Scientist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia, ORCID: 0000-0002-8939-2340, e-mail: uk@cardio-tomsk.ru.

Shishneva Evgeniya V. – Cand. of Sci. (Med.), Chief of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia, ORCID: 0000-0003-2799-0190, e-mail: sri@cardio-tomsk.ru.

Denisko Maryana S. – Assistant Department of Ophthalmology, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia, ORCID: 0000-0003-2696-7183, e-mail: m.s.sharova@mail.ru.

Krylova Anna A. – Cand. of Sci. (Med.), Assistant Professor Department of Ophthalmology, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia, ORCID: 0000-0001-8009-6302, e-mail: krilovane@yandex.ru.

Shipulin Vladimir M. – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Cardiovascular Surgery Cardiology Research Institute Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia, ORCID: 0000-0003-1956-0692, e-mail: shipulin@cardio-tomsk.ru.

Krivosheina Olga I. – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Ophthalmology, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia, ORCID: 0000-0001-7509-5858, e-mail: oikr@yandex.ru.