

<http://doi.org/10.21292/2078-5658-2019-16-3-7-17>

# КОРРЕКЦИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ОКСИГЕНАЦИИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ ВЫСОКОГО РИСКА

П. П. ПЕРОВСКИЙ<sup>1</sup>, Д. Н. ПОНОМАРЕВ<sup>1</sup>, Е. В. ФОМИНСКИЙ<sup>1</sup>, С. М. ИСМОИЛОВ<sup>1</sup>, Н. А. ТАРКУНОВ<sup>1</sup>, В. А. ШМЫРЕВ<sup>1</sup>, Г. Б. МОРОЗ<sup>1</sup>, В. Н. ЛОМИВОРОТОВ<sup>1</sup>, В. В. ЛИХВАНЦЕВ<sup>2</sup>, В. В. ЛОМИВОРОТОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е. Н. Мешалкина» МЗ РФ, г. Новосибирск, РФ

<sup>2</sup>ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М. Ф. Владимирского», Москва, РФ

Нарушение баланса между доставкой и потреблением кислорода в головном мозге может привести к неблагоприятным послеоперационным исходам в кардиохирургической практике. Авторы оценили влияние протокола по устранению эпизодов снижения церебральной оксигенации на течение послеоперационного периода у кардиохирургических пациентов с высоким риском развития осложнений.

**Методы.** Пациенты, которым выполняли операции коронарного шунтирования и/или коррекции клапанного аппарата сердца в условиях искусственного кровообращения, рандомизированы на две группы: интервенционную ( $n = 60$ ), где для коррекции эпизодов десатурации использовали специальный протокол, и контрольную группу ( $n = 60$ ), где осуществляли только ослепленный мониторинг церебральной оксиметрии. Выполнена оценка развития эпизодов десатурации во время операции и возникновения осложнений (инфаркт миокарда, повреждение головного мозга 1-го и 2-го типов, инфекционные осложнения, продленная искусственная вентиляция легких, аритмия, реторакотомия, острое почечное повреждение) в течение 30 дней после операции в обеих группах.

**Результаты.** Продолжительность и выраженность десатурации достоверно не различались между группами. Композитный исход возник у 41 (68,3%) пациента в интервенционной группе и у 38 (63,3%) – в контрольной ( $p = 0,70$ ), также не обнаружено достоверных различий в частоте развития отдельных компонентов композитного исхода. Выявлено, что десатурация значительно влияет на развитие делирия (отношение шансов 1,03, 95%-ный доверительный интервал 1,01–1,05,  $p = 0,03$  для снижения на каждые 5 мин.% площади под кривой сатурации менее абсолютного значения 60%).

**Заключение.** Протокол коррекции церебральной оксиметрии не оказывал влияния на предотвращение развития осложнений у кардиохирургических пациентов высокого риска. Однако снижение церебральной оксиметрии оказалось прогностически значимым в развитии послеоперационного делирия, что указывает на необходимость поиска подходов к устранению нарушения кислородного баланса во время операции.

**Ключевые слова:** церебральная оксиметрия, кардиохирургия высокого риска, делирий, послеоперационные осложнения

**Для цитирования:** Перовский П. П., Пономарев Д. Н., Фоминский Е. В., Исмоилов С. М., Таркунов Н. А., Шмырев В. А., Мороз Г. Б., Ломиворотов В. Н., Лихванцев В. В., Ломиворотов В. В. Коррекция церебральной оксигенации с целью снижения развития послеоперационных осложнений у кардиохирургических пациентов высокого риска // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 7-17. DOI: 10.21292/2078-5658-2019-16-3-7-17

## MANAGEMENT OF CEREBRAL OXYGENATION IN ORDER TO REDUCE THE DEVELOPMENT OF POST-OPERATIVE COMPLICATIONS IN HIGH-RISK PATIENTS UNDERGOING CARDIAC SURGERY

P. P. PEROVSKIY<sup>1</sup>, D. N. PONOMAREV<sup>1</sup>, E. V. FOMINSKIY<sup>1</sup>, S. M. ISMOILOV<sup>1</sup>, N. A. TARKUNOV<sup>1</sup>, V. A. SHMYREV<sup>1</sup>, G. B. MOROZ<sup>1</sup>, V. N. LOMIVOROTOV<sup>1</sup>, V. V. LIKHVANTSEV<sup>2</sup>, V. V. LOMIVOROTOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E. N. Meshalkin Research Institute of Blood Circulation Pathology, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Moscow Regional Research Clinical Institute named after M. F. Vladimirsky, Moscow, Russia

The imbalance between oxygen delivery and consumption in the brain can lead to unfavorable post-operative outcomes of cardiac surgery. The authors evaluated the effect of the protocol on management of cerebral oxygenation episodes during the post-operative period in the patients undergoing cardiac surgery and facing a high risk of complications.

**Subjects:** Patients who underwent coronary bypass surgery and/or cardiac valve surgery with cardiopulmonary bypass, were randomly divided into two groups: the interventional group ( $n = 60$ ), where a special protocol was used to manage desaturation episodes, and the control group ( $n = 60$ ) where only blinded monitoring of cerebral oximetry was used. Within 30 days after surgery, the development of desaturation episodes during surgery was assessed as well as the occurrence of complications (myocardial infarction, brain damage of the 1st and 2nd types, infectious complications, prolonged artificial ventilation of the lungs, arrhythmia, repeated thoracotomy, acute renal damage) in both groups.

**Results.** The duration and intensity of desaturation did not significantly differ between the groups. The composite outcome was observed in 41 (68.3%) patients in the intervention group and in 38 (63.3%) of them in the control group ( $p = 0.70$ ), and no significant difference was found in the frequency of individual components of the composite outcome. It was found out that desaturation significantly affected the development of delirium (odds ratio 1.03, 95% confidence interval 1.01–1.05,  $p = 0.03$ , to reduce % of the area under saturation curve for the less than 60% of the absolute value per every 5 minutes).

**Conclusion.** The cerebral oximetry correction protocol provided no effect on prevention of complications in high-risk patients undergoing cardiac surgery. However, the reduction of cerebral oximetry turned out to be significant to predict the development of post-operative delirium, and it noted the need to search for ways to manage oxygen imbalance during surgery.

**Key words:** cerebral oximetry, high-risk heart surgery, delirium, post-operative complications

**For citations:** Perovskiy P.P., Ponomarev D.N., Fominskiy E.V., Ismoilov S.M., Tarkunov N.A., Shmyrev V.A., Moroz G.B., Lomivorotov V.N., Likhvantsev V.V., Lomivorotov V.V. Management of cerebral oxygenation in order to reduce the development of post-operative complications in high-risk patients undergoing cardiac surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2019, Vol. 16, no. 3, P. 7-17. (In Russ.) DOI: 10.21292/2078-5658-2019-16-3-7-17

Спектроскопия в ближнем к инфракрасному спектре (оксиметрия) широко используется в течение длительного времени для мониторинга баланса между доставкой и потреблением кислорода головным мозгом. Данный вид мониторинга имеет ряд преимуществ: неинвазивность технологии и отсутствие необходимости в пульсирующем кровотоке, что способствует его широкому применению в разных областях медицины. Однако эффективность использования данного вида мониторинга имеет низкий уровень доказательности [8, 16]. Показано, что у кардиохирургических пациентов со значительным снижением интраоперационных показателей церебральной оксиметрии (ЦО) повышается риск возникновения когнитивной дисфункции [11, 30], делирия [29], осложнений со стороны других органов [23], а также увеличения длительности пребывания в отделении интенсивной терапии и госпитализации [23, 30]. Это определяет необходимость использования стратегии, направленной на устранение эпизодов десатурации во время кардиохирургических вмешательств. Увеличивая оксигенацию как головного мозга, так и других органов, данная стратегия может уменьшать частоту послеоперационных осложнений [1, 2, 22]. Результаты исследований, изучающих влияние протокола устранения эпизодов церебральной десатурации на послеоперационное течение в кардиохирургии с использованием искусственного кровообращения (ИК), противоречивы [23, 30].

Цель: проверка гипотезы о том, что использование алгоритма коррекции церебральной оксигенации приведет к снижению количества послеоперационных осложнений у кардиохирургических пациентов высокого риска, оперируемых в условиях ИК. Ранее проводимые клинические исследования не изучали протокол у пациентов данной категории.

## Материалы и методы

**Дизайн исследования.** Проведено одноцентровое, проспективное, рандомизированное, простое слепое клиническое исследование в НМИЦ им. акад. Е. Н. Мешалкина в период с мая 2014 г. по июнь 2016 г. Исследование одобрено локальным этическим комитетом, зарегистрировано в базе клинических исследований ClinicalTrials.gov (NCT02155868) и выполнено согласно стандартам надлежащей клинической практики. Все пациенты подписали информированное согласие перед участием в исследовании. В исследование включено 120 пациентов, основная клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

В исследование включены пациенты высокого риска, которым показано оперативное вмешательство на сердце в условиях ИК. Степень высокого риска определялась одним из следующих критериев: возраст 75 лет или более; фракция выброса

**Таблица 1. Предоперационная характеристика пациентов**  
Table 1. Pre-operative characteristics of patients

Показатель	ИГ, n = 60	КГ, n = 60	p
Пол (мужской/женский)	34/26	30 / 30	0,58
Возраст, лет	68 ± 10	67 ± 9	0,68
Возраст ≥ 75 лет	25 (41,6%)	21 (35,0%)	0,57
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	27,0 ± 3,9	28,8 ± 4,7	0,02
Площадь тела, м <sup>2</sup>	1,8 ± 0,2	1,8 ± 0,2	0,98
NYHA класс			
1	0 (0,0%)	0 (0,0%)	–
2	16 (26,2%)	8 (13,3%)	0,11
3	41 (67,2%)	47 (78,3%)	0,22
4	4 (6,6%)	5 (8,3%)	0,74
ФВЛЖ, %	51 ± 15	50 ± 16	0,65
ФВЛЖ ≤ 35%	17 (28,3%)	18 (30,0%)	> 0,99
Фибрилляция предсердий	19 (31,6%)	13 (21,6%)	0,30
Стеноз сонных артерий	11 (18,3%)	13 (21,6%)	0,82
Атеросклероз артерий НК	8 (13,3%)	4 (6,6%)	0,36
Инсульт или ТИА в анамнезе	9 (15,0%)	6 (10,0%)	0,58
ХОБЛ	3 (5,0%)	3 (5,0%)	> 0,99
СД	16 (26,2%)	17 (28,3%)	> 0,99
EuroSCORE II	3,8 (2,4; 5,4)	3,8 (2,4; 5,4)	0,61
EuroSCORE II > 10	5 (8,3%)	4 (6,6%)	> 0,99

**Примечание:** ИГ – интервенционная группа, КГ – контрольная группа, ИМТ – индекс массы тела, NYHA – Нью-Йоркская классификация функционального состояния больных с хронической сердечной недостаточностью, ФВЛЖ – фракция выброса левого желудочка, НК – нижние конечности, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, СД – сахарный диабет, EuroSCORE II – модель стратификации риска кардиохирургических пациентов

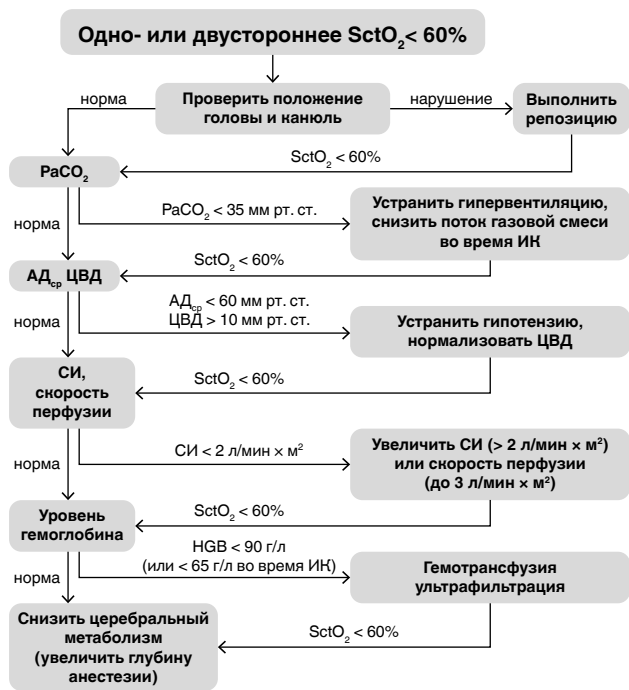
левого желудочка менее 35% по данным эхокардиографии; решение о предоперационной установке внутриаортального баллонного контрапульсатора; комбинированное вмешательство на клапане сердца с коронарным шунтированием или многоклапанная хирургия у пациентов с выраженной сердечной недостаточностью либо почечной недостаточностью (клиренс креатинина менее 60 мл/мин). Критерием исключения из исследования являлся отказ пациента от участия на любом этапе исследования.

Пациенты рандомизированы в интервенционную группу (ИГ) или контрольную группу (КГ). Всем пациентам во время операции крепились датчики церебрального оксиметра FORE-SIGHT (Casmed, США) на кожу лба. При одно- или двустороннем снижении показателей церебральной оксигенации (SctO<sub>2</sub>) менее 60% в течение более 15 с в ИГ применяли протокол коррекции церебральной десатурации, описанный ниже. В КГ показания оксиметра не были доступны персоналу операционной.

У всех пациентов использовали единый протокол анестезии и периоперационного обеспечения [3].

Данные монитора ЦО записывались на USB-носитель, в последующем их анализировали в обеих группах. Вычислены количество и длительность эпизодов десатурации, а также площадь под кривой десатурации менее 60% (ППКД<sub>SctO<sub>2</sub><60%</sub>). Если показатели ППКД<sub>SctO<sub>2</sub><60%</sub> слева и справа были различны, то учитывали большее значение в качестве релевантного.

Протокол коррекции церебральной десатурации включал устранение механической обструкции мозгового кровотоку (изменение положения головы или канюль ИК), увеличение доставки кислорода к головному мозгу (устранение гипокании, нормализация среднего артериального давления, центрального венозного давления, сердечного индекса или скорости перфузии, коррекция анемии), а также потребление кислорода головным мозгом (углубление анестезии). Алгоритм представлен на рис. 1.



**Рис. 1.** Алгоритм коррекции церебральной десатурации.

*SctO<sub>2</sub>* – показатель церебральной оксиметрии, *АД<sub>ср</sub>* – среднее артериальное давление, *ЦВД* – центральное венозное давление, *СИ* – сердечный индекс

**Fig. 1.** The protocol for cerebral desaturation management

*SctO<sub>2</sub>* – the indicator of cerebral oximetry, *AP<sub>med</sub>* – median arterial pressure, *CVP* – central venous pressure, *CI* – cardiac index

Первичной точкой исследования являлся комбинированный исход, включающий следующие осложнения: инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), делирий, послеоперационные когнитивные нарушения, раневая инфекция, медиастинит, продленная искусственная вентиляция легких (более 24 ч), арит-

мия, реторакотомия, диализ-зависимая почечная недостаточность, острое почечное повреждение. Инфаркт миокарда диагностировали на основании ЭКГ, увеличения концентрации кардиоспецифических ферментов (тропонин I, МВ-фракция креатининфосфокиназы), изменения сократимости по эхокардиоскопии. ОНМК определяли как появление вновь возникшей очаговой неврологической симптоматики и дополнительно верифицировали по данным компьютерной/магнитно-резонансной томографии. Оценку делирия проводили по рекомендациям DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders IV) с использованием алгоритма CAM-ICU (Confusion Assessment Method for the Intensive Care Unit). Когнитивные нарушения определяли по изменению статуса по шкале MMSE (Mini-Mental State Examination). Раневую инфекцию и медиастинит диагностировали при выявлении патологической бактериальной инвазии в области хирургического вмешательства. Аритмия определялась как вновь возникшая фибрилляция предсердий или желудочковая тахикардия, выявляемые на ЭКГ. Реторакотомия определена как операция, проводимая для устранения выраженного послеоперационного кровотечения. Острое почечное повреждение и необходимость в проведении диализа верифицировались согласно практическому руководству KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes).

Также проведена оценка 30-дневной смертности, длительности пребывания в отделении интенсивной терапии и госпитализации.

*Статистический анализ.* Частота осложнений у пациентов с низкой фракцией выброса, перенесших коронарное шунтирование в условиях ИК, составляет 70% [19]. Снижение количества осложнений на 25% при использовании алгоритма коррекции церебральной десатурации приняли как клинически значимое. Соответственно, необходимо 60 пациентов в каждой группе исследования, чтобы показать снижение комбинированного исхода на 25% с ошибкой первого рода 0,05 и мощностью 80%. Непрерывные переменные представлены как среднее ± стандартное отклонение или как среднее (межквартильный диапазон). Категориальные переменные выражены как частоты (в процентах). Для одновариантной и многовариантной модели предсказания возникновения делирия использована бинарная логистическая регрессия, результаты представлены в виде отношения шансов (ОШ) с соответствующими 95%-ными доверительными интервалами (ДИ). Для сравнения двух непрерывных переменных применены непарный t-тест или тест Манна – Уитни. При сравнении двух категориальных переменных использован точный критерий Фишера. Для анализа повторяющихся измерений использованы модели линейной регрессии смешанного эффекта с групповым распределением и временем как фиксированным эффектом и субъекта как случайного эффекта (для учета корреляции внутри субъекта). После-

дующие (posthoc) межгрупповые сравнения проведены с помощью критерия Тьюка с корректировкой на множественность. Все анализы выполнены с использованием статистического программного обеспечения R (R Core Team (2015), R Foundation for Statistics Computing, Vienna, Austria).

## Результаты

Из 1 120 пациентов, прошедших скрининг на предмет наличия критериев включения/отсутствия критериев исключения, 120 пациентов рандомизированы в ИГ ( $n = 60$ ) и КГ ( $n = 60$ ) (рис. 2). За весь период исследования ни один из пациентов не отказался от участия в исследовании, не был исключен из исследования или получил лечение, не предусмотренное исследованием. Первичный анализ основывался на принципе «намерение лечить». Как показано в табл. 1, пациенты между группами не различались по основным клиническим характеристикам, за исключением индекса массы тела.



Рис. 2. Скрининг и рандомизация пациентов

Fig. 2. Screening and randomization of patients

Периоперационные показатели представлены в табл. 2. Пациентам выполняли операции коронарного шунтирования, коррекции патологии клапанного аппарата, хирургическое лечение фибрилляции предсердий, реконструкцию левого желудочка. Различий в частоте выполнения хирургических вмешательств между группами не обнаружено. Продолжительность ИК и окклюзии аорты не различалась между группами. Композитный исход наблюдали у 41 (68,3%) пациента ИГ и 38 (63,3%) – КГ ( $p = 0,70$ ). В обеих группах наиболее частыми осложнениями были острое почечное повреждение, аритмия и делирий (табл. 2). Летальный исход произошел у 1 (1,7%) и 3 (5,0%) пациентов в ИГ и КГ соответственно ( $p = 0,61$ ). Также не выявлено влияния исходно низких показателей ЦО на

Таблица 2. Периоперационные показатели

Table 2. Peri-operative rates

Показатель	ИГ, $n = 60$	КГ, $n = 60$	$p$
Тип операции			
Изолированное КШ	21 (35,0%)	24 (40,0%)	0,70
Изолированная клапанная коррекция	7 (11,6%)	5 (8,3%)	0,76
КШ + клапанная коррекция	14 (23,3%)	12 (20,0%)	0,82
Другие вмешательства	22 (36,6%)	21 (35,0%)	> 0,99
ИК, мин	95,9 ± 43,0	86,7 ± 36,5	0,21
Окклюзия аорты, мин	65,4 ± 35,3	57,5 ± 29,4	0,18
Композитный исход	41 (68,3%)	38 (63,3%)	0,70
Частота возникновения компонентов композитного исхода	68	71	0,82
Случаев на одного пациента	1,0 (0,0; 2,0)	1,0 (0,0; 1,0)	0,88
Острое почечное повреждение	25 (41,7%)	22 (36,7%)	0,70
Стадия 0	35 (58,3%)	38 (63,3%)	0,65
Стадия 1	16 (26,7%)	15 (25,0%)	> 0,99
Стадия 2	7 (11,7%)	3 (5,0%)	0,32
Стадия 3	2 (3,3%)	4 (6,7%)	0,67
Аритмия	15 (25,0%)	19 (31,7%)	0,54
Делирий	15 (25,0%)	16 (26,7%)	> 0,99
Когнитивная дисфункция	3 (5,0%)	5 (8,3%)	0,49
ИВЛ > 24 ч	3 (5,0%)	3 (5,0%)	> 0,99
Хирургический гемостаз	5 (8,3%)	1 (1,7%)	0,20
Инфаркт миокарда	1 (1,7%)	4 (6,7%)	0,36
Инсульт	1 (1,7%)	0 (0,0%)	> 0,99
Раневая инфекция	0 (0,0%)	0 (0,0%)	–
Медиастинит	0 (0,0%)	0 (0,0%)	–
Почечная заместительная терапия	2 (3,3%)	2 (3,3%)	> 0,99
Летальный исход	1 (1,7%)	3 (5,0%)	0,61
Продолжительность ИВЛ, ч	8,5 (6,0; 13,5)	8,0 (6,0; 12,0)	0,67
Пребывание в ОРИТ, дни	2,0 (2,0; 4,0)	2,0 (2,0; 3,0)	0,18
Длительность госпитализации, дни	15,0 (13,0; 21,0)	15,0 (12,0; 17,0)	0,05

Примечание: КШ – коронарное шунтирование, ИК – искусственное кровообращение, ИВЛ – искусственная вентиляция легких, ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии

частоту развития осложнений в послеоперационном периоде ( $\text{SctO}_2 < 60\%$  встречалось у 3 пациентов КГ, 6 пациентов ИГ,  $p = 0,26$ ). Все смертельные исходы обусловлены развитием острого инфаркта миокарда и произошли в период госпитализации. В обеих группах медиана пребывания в палате интенсивной терапии и медиана госпитализации составили 2 и 15 дней соответственно. Однако длительность послеоперационной госпитализации в КГ была несколько ниже ( $p = 0,05$ ).

Показатели  $\text{SctO}_2$  и связанные с ними характеристики представлены в табл. 3. Исходные показатели оксиметрии, частота эпизодов десатурации, а также площади под кривой десатурации сопоставимы

**Таблица 3. Показатели оксиметрии**

*Table 3. Oxymetry rates*

Показатель	ИГ, n = 60	КГ, n = 60	p
SctO <sub>2</sub> исходно, %			
Слева	67 ± 6	68 ± 6	0,46
Справа	68 ± 5	69 ± 5	0,69
Наличие эпизодов десатурации (SctO <sub>2</sub> < 60%), пациентов	52 (86,7%)	50 (83,3%)	0,61
Число эпизодов			
1	20 (33,3%)	17 (28,3%)	0,31
2 <sup>2</sup>	12 (20,0%)	10 (16,7%)	0,46
3 <sup>2,3</sup>	13 (21,7%)	7 (11,7%)	0,07
4 <sup>4</sup>	4 (6,7%)	6 (10%)	> 0,99
5 <sup>2,4</sup>	3 (5,0%)	2 (3,3%)	> 0,99
7	0 (0,0%)	2 (3,3%)	0,49
8	0 (0,0%)	2 (3,3%)	0,49
9	0 (0,0%)	2 (3,3%)	0,49
10	0 (0,0%)	1 (1,7%)	> 0,99
12	0 (0,0%)	1 (1,7%)	> 0,99
ППКД SctO <sub>2</sub> < 60%, мин %			
Слева	54 ± 83	66 ± 127	0,58
Медиана (IQR)	8 (1, 68)	11 (0, 75)	0,99
Справа	37 ± 73	44 ± 91	0,68
Медиана (IQR)	4 (0, 36)	2 (0, 26)	0,73

*Примечание:* SctO<sub>2</sub> – показатель церебральной оксиметрии, ППКД – площадь под кривой десатурации; <sup>2</sup> второй эпизод не был устранен у одного пациента; <sup>3</sup> третий эпизод не был устранен у одного пациента; <sup>4</sup> четвертый эпизод не был устранен у одного пациента

в обеих группах. Во время операции по меньшей мере один эпизод десатурации регистрировался у 52 (86,7%) пациентов ИГ и 50 (83,3%) – КГ,  $p = 0,61$ . В ИГ было 5 пациентов, которым не удалось устранить один из эпизодов десатурации (в одном случае – два эпизода), следуя протоколу коррекции ЦО. Пять из этих эпизодов произошли во время ИК и разрешились только после восстановления сердечной деятельности. Один эпизод не был разрешен до основного этапа, несмотря на нормализацию всех параметров, указанных в протоколе коррекции ЦО.

Всего зарегистрировано 113 эпизодов десатурации в ИГ. Для коррекции, следуя протоколу коррекции ЦО, могли применяться от одного до нескольких мероприятий для достижения значений ЦО  $\geq 60\%$ . Для устранения десатурации наиболее часто прибегали к коррекции гипотонии, увеличению PaCO<sub>2</sub>, оптимизации скорости потока во время ИК и углублению анестезии (табл. 4).

Статистически значимые различия в интраоперационной гемодинамике между группами не обнаружены (рис. 3 и 4).

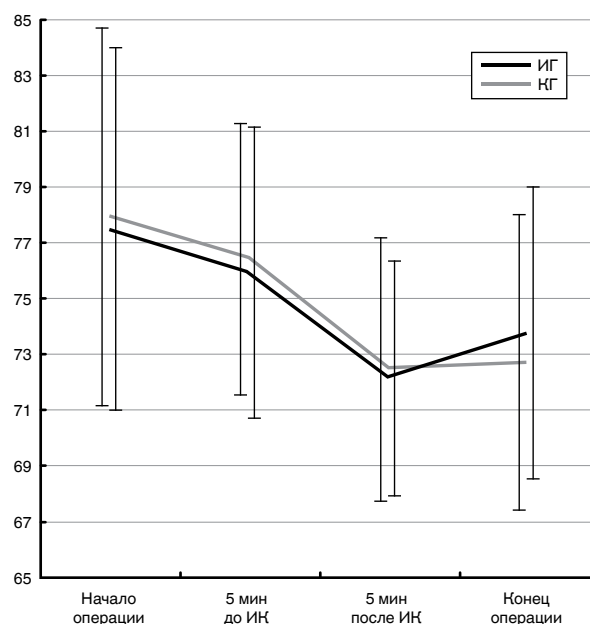
Результаты одновариантного и многовариантного анализа возникновения делирия представлены в табл. 5. В качестве кандидатов-предикторов развития делирия в послеоперационном периоде включены в многопараметрическую модель следующие факторы: ППКД<sub>SctO<sub>2</sub><60%</sub>, оценка по шкале EuroSCORE II, возраст, класс сердечной недостаточности 4 по NYHA и увеличение сатурации во время индукции от исходных значений. Снижение

**Таблица 4. Частота выполнения мероприятий для устранения десатурации (113 эпизодов)**

*Table 4. The frequency of measures aimed to manage desaturation (113 cases)*

Мероприятия	Частота выполнения	Из них неэффективны
Устранение гипотонии	85 (75,2%)	6
Коррекция PaCO <sub>2</sub>	32 (28,3%)	3
Увеличение скорости потока ИК	21 (18,6%)	5
Углубление анестезии (болюс пропофола)	20 (17,7%)	5
Нормализация СИ	15 (13,3%)	0
Коррекция позиции аортальной канюли	7 (6,2%)	1
Репозиция головы в срединное положение	4 (3,5%)	1
Устранение анемии	6 (5,3%)	1
Коррекция ЦВД во время ИК	2 (1,8%)	0

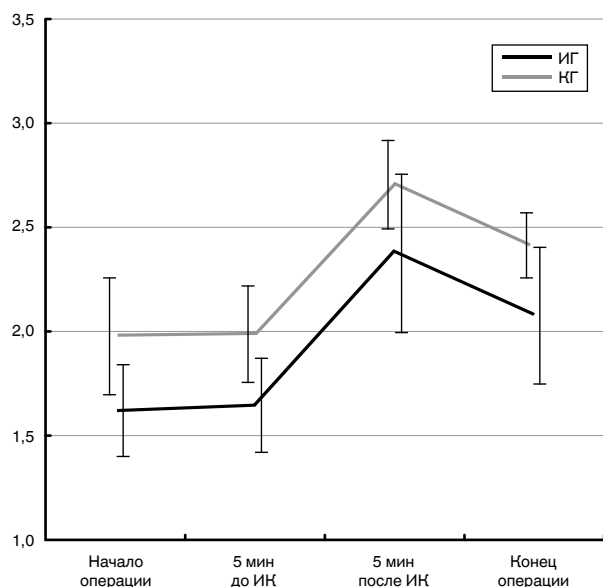
*Примечание:* ИК – искусственное кровообращение; СИ – сердечный индекс; ЦВД – центральное венозное давление



**Рис. 3. Динамика среднего артериального давления. ИГ – интервенционная группа, КГ – контрольная группа**

*Fig. 3. Changes in the median arterial pressure. IG – intervention group, CG – control group*

интраоперационных уровней SctO<sub>2</sub> в значительной степени влияет на последующее развитие делирия ОШ: 1,03 (95%-ный ДИ 1,01–1,05),  $p = 0,03$ , увеличение ППКД<sub>SctO<sub>2</sub><60%</sub> на каждые 5 мин·%. Повышение на 1 балл по шкале EuroSCORE II увеличивает риск развития делирия на 16%. Медиана увеличения SctO<sub>2</sub> составила 9 процентных пунктов (6, 11) у пациентов без делирия и 7 процентных пунктов (6, 10) у пациентов с развившимся послеоперационным делирием ( $p < 0,001$ ).



**Рис. 4.** Динамика сердечного индекса. ИГ – интервенционная группа, КГ – контрольная группа  
**Fig. 4.** Changes in cardiac index. IG – intervention group, CG – control group

## Обсуждение

В настоящем исследовании не выявлено значимого влияния применения алгоритма коррекции церебральной десатурации на частоту развития осложнений после кардиохирургических вмешательств у пациентов высокого риска. Хотя церебральная десатурация успешно устранена у 47 из 52 пациентов (90,4%) в ИГ, глубина и продолжительность десатурации достоверно не различались между группами.

Мозг, наиболее чувствительный к гипоксии орган, может быть рассмотрен в качестве индикатора нарушений системной циркуляции [22]. Ранее было показано, что существует тесная взаимосвязь между низкими предоперационными показателями  $SctO_2$  с низкой сократительной способностью миокарда, нарушением функции почек, развитием тяжелых осложнений в послеоперационном периоде, а также летальностью [15]. Кроме того, многочисленные исследования показали, что глубина и продолжительность церебральной десатурации связаны с развитием послеоперационной нейрокогнитивной дисфункции и увеличением длительности госпита-

**Таблица 5.** Однофакторный и многофакторный логистический регрессионный анализ развития послеоперационного делирия. Данные представлены в виде отношения шансов и 95%-ного доверительного интервала

**Table 5.** The univariable and multivariate logistic regression analysis of the post-operative delirium development. The data are presented as odds ratio and 95% confidence interval

Показатели	Однофакторный	<i>p</i>	Многофакторный	<i>p</i>
ППКД $SctO_2 < 60\%$ (на 5 мин · %) )	1,03 (1,01; 1,05)	0,01	1,03 (1,01; 1,05)	0,03
EuroSCORE II (на 1 балл)	1,14 (1,02; 1,28)	0,02	1,16 (1,01; 1,36)	0,03
Увеличение $SctO_2$ слева во время индукции	1,01 (0,91; 1,11)	0,88	0,93 (0,82; 1,04)	0,22
Общее количество эпизодов десатурации (на 1 эпизод)	1,21 (1,01; 1,47)	0,04	–	–
Как минимум 1 эпизод десатурации	1,37 (0,45; 5,12)	0,60	–	–
Группы (ИГ против КГ)	0,92 (0,40; 2,08)	0,83	–	–
Пол (мужской против женский)	0,91 (0,40; 2,08)	0,82	–	–
Возраст (на 5 лет)	1,16 (0,93; 1,46)	0,20	–	–
Курение	1,14 (0,50; 2,60)	0,75	–	–
Индекс массы тела (на 1 кг/м <sup>2</sup> )	1,00 (0,91; 1,10)	0,97	–	–
Исходная фракция выброса левого желудочка (на 1%)	1,01 (0,98; 1,03)	0,60	–	–
Артериальная гипертензия	1,24 (0,28; 8,63)	0,79	–	–
NYHA класс 3 (по сравнению с классом 2)	0,83 (0,30; 2,56)	0,73	–	–
NYHA класс 4 (по сравнению с классом 2)	3,54 (0,72; 19,11)	0,12	–	–
Аритмия в анамнезе (ФП или ЖТ)	0,94 (0,37; 2,26)	0,89	–	–
Стеноз сонных артерий	1,59 (0,58; 4,11)	0,35	–	–
Инсульт в анамнезе	0,40 (0,06; 1,58)	0,25	–	–
Сахарный диабет	1,11 (0,43; 2,69)	0,82	–	–
Хроническая обструктивная болезнь легких	0,56 (0,03; 3,66)	0,60	–	–
Хроническая болезнь почек	1,15 (0,46; 2,75)	0,75	–	–
Время искусственного кровообращения (на 5 мин)	1,03 (0,98; 1,08)	0,28	–	–
Исходная величина $SctO_2$ слева (на 5%)	0,86 (0,60; 1,24)	0,41	–	–

**Примечание:** ППКД – площадь под кривой десатурации,  $SctO_2$  – показатель церебральной оксиметрии, EuroSCORE II – модель стратификация риска кардиохирургических пациентов, ИГ – интервенционная группа, КГ – контрольная группа, NYHA – Нью-Йоркская классификация функционального состояния больных с хронической сердечной недостаточностью, ФП – фибрилляция предсердий, ЖТ – желудочковая тахикардия

лизации [11, 13, 21, 26, 35]. Основываясь на этих выводах, высказано предположение, что определенные вмешательства, направленные на коррекцию ЦО, улучшат доставку кислорода к другим органам. Тем не менее данные об эффективности использования протокола коррекции церебральной десатурации на клинические исходы являются спорными.

В проспективном исследовании J. M. Murkin et al. рандомизировано 200 пациентов, которым выполнена реваскуляризация миокарда в условиях ИК. В этой работе показано снижение продолжительности церебральной десатурации, пребывания в отделении интенсивной терапии, а также частоты тяжелых осложнений в послеоперационном периоде в группе, где использовался разработанный протокол интраоперационного обеспечения, по сравнению с КГ [23].

Напротив, J. P. Slater в рандомизированном исследовании не смог показать каких-либо различий в клинических исходах между ИГ и КГ. Десатурацию наблюдали у 30% в КГ и у 26% в ИГ. Это может быть связано с тем, что в исследование включались только пациенты без осложнений, перенесшие коронарное шунтирование с кратковременной продолжительностью ИК и пережатия аорты [30].

В одном из рандомизированных исследований с участием 190 пациентов показано, что в группе с использованием протокола коррекции церебральной оксигенации у пациентов в течение одной недели после операции значительно реже встречаются когнитивные расстройства ( $p = 0,002$ ) [10]. Тем не менее данное исследование имело существенное ограничение, а именно: отсутствие мониторинга церебральной оксигенации в КГ, что не позволило оценить различия в степени и продолжительности десатурации между группами. Кроме того, анализ развития других клинических исходов не проводился. В этой же работе отмечено, что в КГ число возрастных пациентов ( $\geq 65$  лет) было значительно выше. Это могло существенно повлиять на результаты исследования, поскольку возраст рассматривается как один из основных предикторов развития нейрокогнитивной дисфункции в кардиохирургии [33].

Уменьшение  $SctO_2$  может быть следствием снижения перфузионного давления, гипоксии, анемии, а также состояний, которые увеличивают потребность тканей в кислороде. Низкая эффективность алгоритма коррекции церебральной десатурации в нашем исследовании может быть связана с тем, что мониторинг вышеописанных показателей использовали в обеих группах. В то время как в ИГ оптимизация преднагрузки/постнагрузки и сердечного индекса выполнялась по мере того, как происходили эпизоды десатурации, в КГ среднее артериальное давление и сердечный индекс поддерживались в пределах нормального диапазона в течение всей операции. Кроме того, недостаток технологии ЦО заключается в том, что тканевая оксигенация измеряется только в лобных долях головного мозга, кровоснабжаемыми передними и

средними мозговыми артериями, поэтому сложно сделать вывод о том, что ЦО может служить показателем изменения кислородного баланса других отделов головного мозга.

Неврологические осложнения у кардиохирургических пациентов остаются основными факторами, которые вовлекают большое количество больничных ресурсов, и связаны с повышенной инвалидизацией и смертностью [24]. Механизмы повреждения центральной нервной системы у этих пациентов многофакторны и сложны для изучения. Интраоперационные факторы (атеросклероз аорты, гипоперфузия, системный воспалительный ответ, нарушения ауторегуляции головного мозга) в сочетании с генетическими факторами риска и историей неврологических событий могут быть связаны с повреждением головного мозга [5, 14, 18, 20, 24]. Нестабильность гемодинамики и гипотензия играют ключевую роль в развитии неврологических осложнений в кардиохирургической практике [4].

Делирий встречается у 11–52% пациентов, перенесших оперативное вмешательство в условиях ИК [7]. В нашем исследовании делирий диагностирован у 25% пациентов в послеоперационном периоде.

Хотя многочисленные исследования показали более высокий уровень развития инсульта [25, 26] и нейрокогнитивной дисфункции [11, 30, 35] у пациентов с продолжительными интраоперационными эпизодами десатурации, лишь немногие из них показали взаимосвязь между интраоперационными показателями  $SctO_2$  и развитием делирия в послеоперационном периоде [29]. Интересным результатом нашего исследования явилось то, что площадь под кривой десатурации была достоверным предиктором делирия. Более того, те пациенты, у которых развился делирий, не показали значительного увеличения  $SctO_2$  от исходного уровня в ответ на ингаляцию кислорода во время индукции анестезии, что указывает на низкий компенсационный резерв сердечно-сосудистой системы этих пациентов.

Показано, что увеличение среднего артериального давления и/или скорости потока ИК является наиболее эффективным методом улучшения оксигенации головного мозга [23]. Тем не менее попытки улучшить показатели  $SctO_2$  путем увеличения мозгового кровотока могут привести к неврологическим осложнениям. D. Hori et al. показали, что увеличение среднего давления выше верхнего предела ауторегуляции головного мозга во время ИК может быть связано с послеоперационным делирием [17]. Кроме того, увеличение  $PaCO_2$ , направленное на увеличение мозгового кровотока, может привести к избыточной перфузии и потенциально увеличивать вероятность эмболии [27]. Вазопресоры (фенилэфрин), которые широко используют во время ИК для увеличения среднего артериального давления, могут уменьшить оксигенацию головного мозга путем вазоконстрикции мозговых

сосудов и уменьшения сердечного выброса [28]. Также использование сосудосуживающих препаратов приводит к снижению микроциркуляции в поверхностных тканях головы [31]. В связи с алгоритмом, используемым тканевыми оксиметрами, в результате которого поглощение света поверхностными тканями вычитается из поглощения света глубже лежащими тканями [36], вазоконстрикция кровеносных сосудов кожи головы может уменьшать показания SctO<sub>2</sub> независимо от увеличения мозгового кровотока.

Тем не менее в пилотном многоцентровом исследовании с участием 2 035 пациентов показано, что у 50–75% пациентов встречается как минимум один эпизод снижения SctO<sub>2</sub> во время операций на сердце с применением ИК [32]. Почти 10% случаев десатурации не были идентифицированы персоналом, что указывает на возможность использования данного вида мониторинга для предупреждения таких событий.

### Ограничения

Работа не лишена некоторых ограничений, которые могли повлиять на результаты исследования, в частности – отсутствие эпиаортального ультразвукового сканирования на наличие атеросклеротических бляшек в местах канюляции и наложения зажима и небольшая выборка. Это могло повлиять на частоту неврологических осложнений в обеих группах, поскольку показано, что послеоперационный инсульт связан с расположением атеросклеротической бляшки [34].

В нашем исследовании для выявления когнитивной дисфункции применялся опросник MMSE, который имеет низкую чувствительность по выявлению умеренной когнитивной дисфункции у

пациентов с хронической сердечной недостаточностью [6, 9].

Кроме того, наше исследование не было направлено на выявление разницы в частоте неврологических осложнений в послеоперационном периоде. Хотя частота делирия составляла около 25% в настоящем исследовании, частота инсульта была очень низкой и имела место только у одного пациента ИГ. Авторы другой работы предполагают необходимость включения в подобное исследование 3 080 пациентов для выявления достоверных различий в уровне летальности, 4 638 пациентов – в уровне развития ОНМК и 1 610 пациентов – в уровне развития делирия [12].

### Заключение

Коррекция ЦО у кардиохирургических пациентов высокого риска не связана с уменьшением длительности и глубины эпизодов снижения церебральной оксигенации и частоты послеоперационных осложнений. Исходно низкие показатели также не влияют на течение послеоперационного периода. В группе с использованием протокола устранения эпизодов церебральной десатурации не происходит значимых изменений показателей центральной гемодинамики по сравнению с группой без использования данного протокола. Тем не менее интраоперационные показатели оксиметрии могут служить предиктором развития делирия в послеоперационном периоде. Необходимо проведение исследований с большей выборкой пациентов для увеличения уровня доказательной базы с целью рутинного применения данного вида мониторинга в кардиохирургической практике.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

**Conflict of Interests.** The authors state that they have no conflict of interests.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аксельрод Б. А. Региональная оксигенация в обеспечении безопасности кардиохирургических операций // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2014. – Т. 18, № 3. – С. 53–58.
2. Левичева Е. Н., Логинова И. Ю., Окунева Г. Н. и др. Клиническая значимость метода церебральной оксиметрии в оценке кислородного обеспечения головного мозга у кардиохирургических больных // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2010. – № 1. – С. 76–80.
3. Перовский П. П., Фоминский Е. В., Шмырев В. В. и др. Церебральная оксиметрия в кардиохирургии высокого риска: актуальность и протокол клинического исследования // Вестн. анестезиол. и реаниматол. – 2016. – Т. 13, № 2. – С. 78–85.
4. Ahonen J., Salmenpera M. Brain injury after adult cardiac surgery // Acta Anaesthesiol. Scand. – 2004. – Vol. 48, № 1. – P. 4–19.
5. Ancelin M. L., de Roquefeuil G., Ledesert B. et al. Exposure to anaesthetic agents, cognitive functioning and depressive symptomatology in the elderly // Br. J. Psychiatry. – 2001. – Vol. 178. – P. 360–366.
6. Athilingam P., King K. B., Burgin S. W. et al. Montreal Cognitive Assessment and Mini-Mental Status Examination compared as cognitive screening tools in heart failure // Heart Lung. – 2011. – Vol. 40, № 6. – P. 521–529.

### REFERENCES

1. Akselrod B.A. Regional oxygenation in the safety provision of cardiac surgery. *Patologiya Krovoobr. i Kardiokhirur.*, 2014, vol. 18, no. 3, pp. 53–58. (In Russ.)
2. Levicheva E.N., Loginova I.Yu., Okuneva G.N. et al. Clinical value of cerebral oximetry in the assessment of brain oxygenation in the patients undergoing cardiac surgery. *Patologiya Krovoobrasch. i Kardiokhirurgiya*, 2010, no. 1, pp. 76–80. (In Russ.)
3. Perovskiy P.P., Fominskiy E.V., Shmyrev V.V. et al. Cerebral oximetry in the high-risk cardiac surgery: topicality and a clinical trial protocol. *Vestnik Anesteziol. i Reanimatol.*, 2016, vol. 13, no. 2, pp. 78–85. (In Russ.)
4. Ahonen J., Salmenpera M. Brain injury after adult cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand.*, 2004, vol. 48, no. 1, pp. 4–19.
5. Ancelin M.L., de Roquefeuil G., Ledesert B. et al. Exposure to anaesthetic agents, cognitive functioning and depressive symptomatology in the elderly. *Br. J. Psychiatry*, 2001, vol. 178, pp. 360–366.
6. Athilingam P., King K.B., Burgin S.W. et al. Montreal Cognitive Assessment and Mini-Mental Status Examination compared as cognitive screening tools in heart failure. *Heart Lung*. 2011, vol. 40, no. 6, pp. 521–529.



7. Brown C. H. Delirium in the cardiac surgical ICU // *Curr. Opin. Anaesthesiol.* - 2014. - Vol. 27, № 2. - P. 117-122.
8. Bruder N., Velly L. Near-infrared spectroscopy for monitoring brain oxygenation: to trust or not to trust? // *Minerva Anesthesiol.* - 2015. - Vol. 81, № 8. - P. 835-836.
9. Cameron J., Worrall-Carter L., Page K. et al. Screening for mild cognitive impairment in patients with heart failure: Montreal cognitive assessment versus mini mental state exam // *Eur. J. Cardiovasc. Nurs.* - 2013. - Vol. 12, № 3. - P. 252-260.
10. Colak Z., Borojevic M., Bogovic A. et al. Influence of intraoperative cerebral oximetry monitoring on neurocognitive function after coronary artery bypass surgery: a randomized, prospective study // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 2015. - Vol. 47, № 3. - P. 447-454.
11. de Tournay-Jette E., Dupuis G., Bherer L. et al. The relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass graft surgery // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* - 2011. - Vol. 25, № 1. - P. 95-104.
12. Deschamps A., Hall R., Grocott H. et al. Cerebral oximetry monitoring to maintain normal cerebral oxygen saturation during high-risk cardiac surgery: a randomized controlled feasibility trial // *Anesthesiology*. - 2016. - Vol. 124, № 4. - P. 826-836.
13. Ghosh A., Elwell C., Smith M. Review article: cerebral near-infrared spectroscopy in adults: a work in progress // *Anesth. Analg.* - 2012. - Vol. 115, № 6. - P. 1373-1383.
14. Hartman G. S., Yao F. S., Bruefach M. et al. Severity of aortic atheromatous disease diagnosed by transesophageal echocardiography predicts stroke and other outcomes associated with coronary artery surgery: a prospective study // *Anesth. Analg.* - 1996. - Vol. 83, № 4. - P. 701-708.
15. Heringlake M., Garbers C., Kabler J. H. et al. Preoperative cerebral oxygen saturation and clinical outcomes in cardiac surgery // *Anesthesiology*. - 2011. - Vol. 114, № 1. - P. 58-69.
16. Hillis L. D., Smith P. K., Anderson J. L. et al. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines // *Circulation*. - 2011. - Vol. 124, № 23. - P. 2610.
17. Hori D., Brown C., Ono M. et al. Arterial pressure above the upper cerebral autoregulation limit during cardiopulmonary bypass is associated with postoperative delirium // *Br. J. Anaesth.* - 2014. - Vol. 113, № 6. - P. 1009-1017.
18. Jones T. J., Deal D. D., Vernon J. C. et al. Does vacuum-assisted venous drainage increase gaseous microemboli during cardiopulmonary bypass? // *Ann. Thorac. Surg.* - 2002. - Vol. 74, № 6. - P. 2132-2137.
19. Lomivorotov V. V., Boboshko V. A., Efremov S. M. et al. Levosimendan versus an intra-aortic balloon pump in high-risk cardiac patients // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* - 2012. - Vol. 26, № 4. - P. 596-603.
20. Mathew J. P., Rinder C. S., Howe J. G. et al. Platelet PLA2 polymorphism enhances risk of neurocognitive decline after cardiopulmonary bypass. Multicenter Study of Perioperative Ischemia (McSPI) Research Group // *Ann. Thorac. Surg.* - 2001. - Vol. 71, № 2. - P. 663-666.
21. Mohandas B. S., Jagadeesh A. M., Vikram S. B. Impact of monitoring cerebral oxygen saturation on the outcome of patients undergoing open heart surgery // *Ann. Card. Anaesth.* - 2013. - Vol. 16, № 2. - P. 102-106.
22. Murkin J. M. Cerebral oximetry: monitoring the brain as the index organ // *Anesthesiology*. - 2011. - Vol. 114, № 1. - P. 12-13.
23. Murkin J. M., Adams S. J., Novick R. J. et al. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study // *Anesth. Analg.* - 2007. - Vol. 104, № 1. - P. 51-58.
24. Newman M. F., Mathew J. P., Grocott H. P. et al. Central nervous system injury associated with cardiac surgery // *Lancet*. - 2006. - Vol. 368, № 9536. - P. 694-703.
25. Olsson C., Thelin S. Regional cerebral saturation monitoring with near-infrared spectroscopy during selective antegrade cerebral perfusion: diagnostic performance and relationship to postoperative stroke // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* - 2006. - Vol. 131, № 2. - P. 371-379.
26. Orihashi K., Sueda T., Okada K. et al. Near-infrared spectroscopy for monitoring cerebral ischemia during selective cerebral perfusion // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 2004. - Vol. 26, № 5. - P. 907-911.
27. Patel R. L., Turtle M. R., Chambers D. J. et al. Alpha-stat acid-base regulation during cardiopulmonary bypass improves neuropsychologic outcome in patients undergoing coronary artery bypass grafting // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* - 1996. - Vol. 111, № 6. - P. 1267-1279.
28. Poterman M., Vos J. J., Vereecke H. E. et al. Differential effects of phenylephrine and norepinephrine on peripheral tissue oxygenation during general
7. Brown C.H. Delirium in the cardiac surgical ICU. *Curr. Opin. Anaesthesiol.*, 2014, vol. 27, no. 2, pp. 117-122.
8. Bruder N., Velly L. Near-infrared spectroscopy for monitoring brain oxygenation: to trust or not to trust? *Minerva Anesthesiol.*, 2015, vol. 81, no. 8, pp. 835-836.
9. Cameron J., Worrall-Carter L., Page K. et al. Screening for mild cognitive impairment in patients with heart failure: Montreal cognitive assessment versus mini mental state exam. *Eur. J. Cardiovasc. Nurs.*, 2013, vol. 12, no. 3, pp. 252-260.
10. Colak Z., Borojevic M., Bogovic A. et al. Influence of intraoperative cerebral oximetry monitoring on neurocognitive function after coronary artery bypass surgery: a randomized, prospective study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, 2015, vol. 47, no. 3, pp. 447-454.
11. de Tournay-Jette E., Dupuis G., Bherer L. et al. The relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass graft surgery. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, 2011, vol. 25, no. 1, pp. 95-104.
12. Deschamps A., Hall R., Grocott H. et al. Cerebral oximetry monitoring to maintain normal cerebral oxygen saturation during high-risk cardiac surgery: a randomized controlled feasibility trial. *Anesthesiology*, 2016, vol. 124, no. 4, pp. 826-836.
13. Ghosh A., Elwell C., Smith M. Review article: cerebral near-infrared spectroscopy in adults: a work in progress. *Anesth. Analg.*, 2012, vol. 115, no. 6, pp. 1373-1383.
14. Hartman G.S., Yao F.S., Bruefach M. et al. Severity of aortic atheromatous disease diagnosed by transesophageal echocardiography predicts stroke and other outcomes associated with coronary artery surgery: a prospective study. *Anesth. Analg.*, 1996, vol. 83, no. 4, pp. 701-708.
15. Heringlake M., Garbers C., Kabler J.H. et al. Preoperative cerebral oxygen saturation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Anesthesiology*, 2011, vol. 114, no. 1, pp. 58-69.
16. Hillis L.D., Smith P.K., Anderson J.L. et al. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*, 2011, vol. 124, no. 23, pp. 2610.
17. Hori D., Brown C., Ono M. et al. Arterial pressure above the upper cerebral autoregulation limit during cardiopulmonary bypass is associated with postoperative delirium. *Br. J. Anaesth.*, 2014, vol. 113, no. 6, pp. 1009-1017.
18. Jones T.J., Deal D.D., Vernon J.C. et al. Does vacuum-assisted venous drainage increase gaseous microemboli during cardiopulmonary bypass? *Ann. Thorac. Surg.*, 2002, vol. 74, no. 6, pp. 2132-2137.
19. Lomivorotov V.V., Boboshko V.A., Efremov S.M. et al. Levosimendan versus an intra-aortic balloon pump in high-risk cardiac patients. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, 2012, vol. 26, no. 4, pp. 596-603.
20. Mathew J.P., Rinder C.S., Howe J.G. et al. Platelet PLA2 polymorphism enhances risk of neurocognitive decline after cardiopulmonary bypass. Multicenter Study of Perioperative Ischemia (McSPI) Research Group. *Ann. Thorac. Surg.*, 2001, vol. 71, no. 2, pp. 663-666.
21. Mohandas B.S., Jagadeesh A.M., Vikram S.B. Impact of monitoring cerebral oxygen saturation on the outcome of patients undergoing open heart surgery. *Ann. Card. Anaesth.*, 2013, vol. 16, no. 2, pp. 102-106.
22. Murkin J.M. Cerebral oximetry: monitoring the brain as the index organ. *Anesthesiology*, 2011, vol. 114, no. 1, pp. 12-13.
23. Murkin J.M., Adams S.J., Novick R.J. et al. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesth. Analg.*, 2007, vol. 104, no. 1, pp. 51-58.
24. Newman M.F., Mathew J.P., Grocott H.P. et al. Central nervous system injury associated with cardiac surgery. *Lancet*, 2006, vol. 368, no. 9536, pp. 694-703.
25. Olsson C., Thelin S. Regional cerebral saturation monitoring with near-infrared spectroscopy during selective antegrade cerebral perfusion: diagnostic performance and relationship to postoperative stroke. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 2006, vol. 131, no. 2, pp. 371-379.
26. Orihashi K., Sueda T., Okada K. et al. Near-infrared spectroscopy for monitoring cerebral ischemia during selective cerebral perfusion. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, 2004, vol. 26, no. 5, pp. 907-911.
27. Patel R.L., Turtle M.R., Chambers D.J. et al. Alpha-stat acid-base regulation during cardiopulmonary bypass improves neuropsychologic outcome in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 1996, vol. 111, no. 6, pp. 1267-1279.
28. Poterman M., Vos J.J., Vereecke H.E. et al. Differential effects of phenylephrine and norepinephrine on peripheral tissue oxygenation during general

- anaesthesia: a randomised controlled trial // *Eur. J. Anaesthesiol.* - 2015. - Vol. 32, № 8. - P. 571-580.
29. Schoen J., Meyerrose J., Paarmann H. et al. Preoperative regional cerebral oxygen saturation is a predictor of postoperative delirium in on-pump cardiac surgery patients: a prospective observational trial // *Crit. Care.* - 2011. - Vol. 15, № 5. - P. R218.
30. Slater J. P., Guarino T., Stack J. et al. Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery // *Ann. Thorac. Surg.* - 2009. - Vol. 87, № 1. - P. 36-44.
31. Sorensen H., Secher N. H., Siebenmann C. et al. Cutaneous vasoconstriction affects near-infrared spectroscopy determined cerebral oxygen saturation during administration of norepinephrine // *Anesthesiology.* - 2012. - Vol. 117, № 2. - P. 263-270.
32. Subramanian B., Nyman C., Fritock M. et al. A multicenter pilot study assessing regional cerebral oxygen desaturation frequency during cardiopulmonary bypass and responsiveness to an intervention algorithm // *Anesth. Analg.* - 2016. - Vol. 122, № 6. - P. 1786-1793.
33. Tuman K. J., McCarthy R. J., Najafi H. et al. Differential effects of advanced age on neurologic and cardiac risks of coronary artery operations // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* - 1992. - Vol. 104, № 6. - P. 1510-1517.
34. van der Linden J., Hadjinikolaou L., Bergman P. et al. Postoperative stroke in cardiac surgery is related to the location and extent of atherosclerotic disease in the ascending aorta // *J. Am. Coll. Cardiol.* - 2001. - Vol. 38, № 1. - P. 131-135.
35. Yao F. S., Tseng C. C., Ho C. Y. et al. Cerebral oxygen desaturation is associated with early postoperative neuropsychological dysfunction in patients undergoing cardiac surgery // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* - 2004. - Vol. 18, № 5. - P. 552-558.
36. Zheng F., Sheinberg R., Yee M. S. et al. Cerebral near-infrared spectroscopy monitoring and neurologic outcomes in adult cardiac surgery patients: a systematic review // *Anesth. Analg.* - 2013. - Vol. 116, № 3. - P. 663-676.
- anaesthesia: a randomised controlled trial. *Eur. J. Anaesthesiol.*, 2015, vol. 32, no. 8, pp. 571-580.
29. Schoen J., Meyerrose J., Paarmann H. et al. Preoperative regional cerebral oxygen saturation is a predictor of postoperative delirium in on-pump cardiac surgery patients: a prospective observational trial. *Crit. Care*, 2011, vol. 15, no. 5, pp. R218.
30. Slater J.P., Guarino T., Stack J. et al. Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery. *Ann. Thorac. Surg.*, 2009, vol. 87, no. 1, pp. 36-44.
31. Sorensen H., Secher N.H., Siebenmann C. et al. Cutaneous vasoconstriction affects near-infrared spectroscopy determined cerebral oxygen saturation during administration of norepinephrine. *Anesthesiology*, 2012, vol. 117, no. 2, pp. 263-270.
32. Subramanian B., Nyman C., Fritock M. et al. A multicenter pilot study assessing regional cerebral oxygen desaturation frequency during cardiopulmonary bypass and responsiveness to an intervention algorithm. *Anesth. Analg.*, 2016, vol. 122, no. 6, pp. 1786-1793.
33. Tuman K.J., McCarthy R.J., Najafi H. et al. Differential effects of advanced age on neurologic and cardiac risks of coronary artery operations. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 1992, vol. 104, no. 6, pp. 1510-1517.
34. van der Linden J., Hadjinikolaou L., Bergman P. et al. Postoperative stroke in cardiac surgery is related to the location and extent of atherosclerotic disease in the ascending aorta. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2001, vol. 38, no. 1, pp. 131-135.
35. Yao F.S., Tseng C.C., Ho C.Y. et al. Cerebral oxygen desaturation is associated with early postoperative neuropsychological dysfunction in patients undergoing cardiac surgery. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, 2004, vol. 18, no. 5, pp. 552-558.
36. Zheng F., Sheinberg R., Yee M.S. et al. Cerebral near-infrared spectroscopy monitoring and neurologic outcomes in adult cardiac surgery patients: a systematic review. *Anesth. Analg.*, 2013, vol. 116, no. 3, pp. 663-676.

**ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:**

ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е. Н. Мешалкина» МЗ РФ,  
630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15.

**Перовский Петр Петрович**

врач анестезиолог-реаниматолог отделения  
анестезиологии-реанимации.  
E-mail: p\_perovskij@meshalkin.ru

**Пономарев Дмитрий Николаевич**

кандидат медицинских наук,  
врач анестезиолог-реаниматолог отделения  
анестезиологии-реанимации.  
E-mail: d\_ponomarev@meshalkin.ru

**Фоминский Евгений Васильевич**

кандидат медицинских наук,  
врач анестезиолог-реаниматолог отделения реанимации  
и интенсивной терапии взрослых.  
E-mail: evfominskiy@gmail.com

**Исмоилов Самандар Муратович**

врач анестезиолог-реаниматолог отделения  
анестезиологии-реанимации.  
E-mail: s\_ismoilov@meshalkin.ru

**Таркунов Никита Алексеевич**

врач анестезиолог-реаниматолог отделения  
анестезиологии-реанимации.  
E-mail: n\_tarkunov@meshalkin.ru

**FOR CORRESPONDENCE:**

E.N. Meshalkin Research Institute of Blood Circulation Pathology,  
15, Rechkunovskaya St., Novosibirsk, 630055

**Petr P. Perovskiy**

Anesthesiologist and Emergency Physician of Anesthesiology  
and Intensive Care Department.  
Email: p\_perovskij@meshalkin.ru

**Dmitriy N. Ponomarev**

Candidate of Medical Sciences,  
Anesthesiologist and Emergency Physician  
of Anesthesiology and Intensive Care Department.  
Email: d\_ponomarev@meshalkin.ru

**Evgeniy V. Fominskiy**

Candidate of Medical Sciences, Anesthesiologist and Emergency  
Physician of Anesthesiology and Intensive Care Department  
for Adults.  
Email: evfominskiy@gmail.com

**Samandar M. Ismoilov**

Anesthesiologist and Emergency Physician of Anesthesiology  
and Intensive Care Department.  
Email: s\_ismoilov@meshalkin.ru

**Nikita A. Tarkunov**

Anesthesiologist and Emergency Physician of Anesthesiology  
and Intensive Care Department.  
Email: n\_tarkunov@meshalkin.ru

**Шмырев Владимир Анатольевич**

кандидат медицинских наук,  
врач анестезиолог-реаниматолог отделения  
анестезиологии-реанимации.  
E-mail: shmyrevv@gmail.com

**Мороз Глеб Борисович**

кандидат медицинских наук,  
врач анестезиолог-реаниматолог отделения  
анестезиологии-реанимации.  
E-mail: g\_moroz@meshalkin.ru

**Ломиворотов Владимир Николаевич**

доктор медицинских наук, профессор.  
E-mail: vn\_lomivorotov@meshalkin.ru

**Ломиворотов Владимир Владимирович**

доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН,  
заместитель директора по научной работе,  
руководитель центра анестезиологии и реаниматологии.  
Тел./факс: 8 (383) 347-60-54, 8 (383) 332-24-37.  
E-mail: vvlom@mail.com

**Лихванцев Валерий Владимирович**

ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М. Ф. Владимирского»,  
доктор медицинских наук,  
профессор, руководитель отделения  
реанимации и интенсивной терапии.  
129110, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2.  
Тел.: 8 (495) 681-52-92.  
E-mail: lik0704@gmail.com

**Vladimir A. Shmyrev**

Candidate of Medical Sciences,  
Anesthesiologist and Emergency Physician  
of Anesthesiology and Intensive Care Department.  
Email: shmyrevv@gmail.com

**Gleb B. Moroz**

Candidate of Medical Sciences,  
Anesthesiologist and Emergency Physician  
of Anesthesiology and Intensive Care Department.  
Email: g\_moroz@meshalkin.ru

**Vladimir N. Lomivorotov**

Doctor of Medical Sciences, Professor.  
Email: vn\_lomivorotov@meshalkin.ru

**Vladimir V. Lomivorotov**

Doctor of Medical Sciences, Correspondent Member of RAS,  
Deputy Director for Research, Head of Anesthesiology and  
Intensive Care Center.  
Phone/Fax: +7 (383) 347-60-54, +7 (383) 332-24-37.  
Email: vvlom@mail.com

**Valeriy V. Likhvantsev**

Moscow Regional Research Clinical Institute  
named after M.F. Vladimirsky,  
Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Anesthesiology  
and Intensive Care Department.  
61/2, Schepkina St., Moscow, 129110.  
Phone: +7 (495) 681-52-92.  
Email: lik0704@gmail.com