

# ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ОКСИГЕНАЦИЕЙ И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ГЕМОДИНАМИКИ И ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИОБРЕТЕННЫХ ПОРОКОВ СЕРДЦА

А. И. Ленькин<sup>2</sup>, В. И. Захаров<sup>1</sup>, А. А. Сметкин<sup>1</sup>, П. И. Ленькин<sup>1</sup>, М. Ю. Киров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Северный государственный медицинский университет,

<sup>2</sup> ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е. Е. Волосевич», Архангельск

## Relationship Between Cerebral Oxygenation and Hemodynamic and Oxygen Transport Parameters in Surgery for Acquired Heart Diseases

A. I. Lenkin<sup>2</sup>, V. I. Zakharov<sup>1</sup>, A. A. Smetkin<sup>1</sup>, P. I. Lenkin<sup>1</sup>, M. Yu. Kirov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> North State Medical University;

<sup>2</sup> E. E. Volosevich First City Clinical Hospital, Arkhangelsk

**Цель исследования** — оценить взаимосвязь между церебральной оксигенацией и показателями гемодинамики и транспорта кислорода при хирургической коррекции комбинированных приобретенных пороков сердца. **Материал и методы.** После получения информированного согласия в исследование были включены 40 пациентов, оперированных по поводу комбинированных (двух и более) приобретенных пороков сердца. Мониторинг транспорта кислорода и церебральной оксигенации в периоперационном периоде осуществлялся монитором PiCCO2 (Pulsion Medical Systems, Германия) и церебральным оксиметром Fore-Sight (CASMED, США). Поддержание анестезии проводили пропофолом и фентанилом под контролем мониторинга глубины анестезии. Интенсивная терапия в раннем послеоперационном периоде базировалась на протоколе ранней целенаправленной коррекции нарушений гемодинамики. Оценка параметров транспорта кислорода и церебральной оксигенации осуществлялась в ходе операции и в течение 24-х часов послеоперационного периода. Статистический анализ проведен при помощи пакета программы SPSS 15.0. с расчетом коэффициента корреляции Спирмена. **Результаты.** В ходе перфузии была обнаружена взаимосвязь между значениями церебральной оксиметрии и уровнем гематокрита, а также парциальным давлением кислорода венозной крови. Кроме того, через 30 мин после начала искусственного кровообращения была выявлена отрицательная корреляция между значениями церебральной оксиметрии и уровнем лактата крови. На протяжении исследования наблюдалась положительная корреляция между церебральной оксигенацией и значениями сердечного индекса, центральной венозной сатурации, а также индексом доставки кислорода. В начале операции отмечали отрицательную взаимосвязь между оксигенацией головного мозга и внесосудистой водой легких, а к концу первых суток послеоперационного периода выявлена корреляция между значениями церебральной оксиметрии и индексом оксигенации. **Заключение.** Значения церебральной оксигенации коррелируют с основными детерминантами транспорта кислорода в ходе ИК и после кардиохирургических вмешательств. Церебральная оксиметрия может использоваться при проведении ранней целенаправленной терапии при хирургической коррекции приобретенных комбинированных пороков сердца как во время перфузии, так и в послеоперационном периоде. **Ключевые слова:** транспорт кислорода, церебральная оксигенация, церебральная оксиметрия, приобретенные пороки сердца, кардиохирургия.

**Objective:** to evaluate the relationship between cerebral oxygenation and hemodynamic and oxygen transport parameters in surgical correction of concomitant acquired heart diseases. **Subjects and methods.** Informed consent was received from 40 patients who required surgery because of concomitant (two or more) acquired heart defects. During procedure, perioperative monitoring of oxygen transport and cerebral oxygenation was performed with the aid of PiCCO2 monitor (Pulsion Medical Systems, Germany) and a Fore-Sight cerebral oximeter (CASMED, USA). Anesthesia was maintained with propofol and fentanyl, by monitoring the depth of anesthesia. Early postoperative intensive therapy was based on the protocol for early targeted correction of hemodynamic disorders. Oxygen transport and cerebral oxygenation parameters were estimated intraoperatively and within 24 postoperative hours. A statistical analysis including evaluation of Spearman correlations was performed with the aid of SPSS 15.0. **Results.** During perfusion, there was a relationship between cerebral oximetry values and hematocrit levels, and oxygen partial pressure in the venous blood. Furthermore, a negative correlation between cerebral oximetry values and blood lactate levels was found 30 minutes after initiation of extracorporeal circulation (EC). During the study, there was a positive correlation between cerebral oxygenation and values of cardiac index, central venous saturation, and oxygen delivery index. There was a negative relationship between cerebral oxygenation and extravascular lung water at the beginning of surgery and a correlation between cerebral oximetry values and oxygenation index by the end of the first 24 postoperative hours. **Conclusion.** The cerebral oxygenation values correlate with the main determinants of oxygen transport during EC and after cardiac surgical procedures. Cerebral oximetry may be used in early targeted therapy for the surgical correction of acquired combined heart defects both during perfusion and in the postoperative period. **Key words:** oxygen transport, cerebral oxygenation, cerebral oximetry, acquired heart diseases, cardiac surgery.

Адрес для корреспонденции (Correspondence to):

Ленькин Андрей Игоревич (Lenkin A. I.)  
E-mail: www.starfish@mail.ru

## Введение

Заболевания сердца в целом и приобретенные пороки в частности являются одной из основных причин заболеваемости и летальности в современном мире. Прогрессирование сердечной недостаточности у пациентов с приобретенными пороками сердца зачастую непредсказуемо, а распространенность внезапной смерти среди этой категории больных достаточно высока даже при отсутствии дополнительных факторов риска [1]. По данным Американской Ассоциации Кардиологов, смертность от клапанных пороков составляет 7 на 100 000 населения в год [2]. Часто на начальных этапах заболевания клапанного аппарата протекают бессимптомно, поэтому к моменту появления клинической симптоматики в патологический процесс вовлекаются несколько клапанов сердца [3].

Хирургические вмешательства на клапанах сердца у пациентов с исходной сердечной недостаточностью сопровождаются высокой периоперационной летальностью (5–15%) [4]; тем не менее хирургическое лечение позволяет увеличить продолжительность и улучшить качество жизни этих больных [5]. В связи с этим для обеспечения безопасности кардиохирургических вмешательств в течение всего периоперационного периода необходим мониторинг функций всех систем организма и в первую очередь — сердечно-сосудистой системы [6–8] с последующей целенаправленной коррекцией нарушений гемодинамики [9]. Такая тактика интенсивной терапии доказала свою эффективность у больных с септическим шоком [10], геморрагическим инсультом [11], в общей хирургии [12, 13] и при операциях на сердце [14]. Большинство схем ранней целенаправленной интенсивной терапии подразумевает использование комплексного гемодинамического мониторинга [15–18]; многие из применяемых методик основаны на инвазивном подходе [19].

Церебральная оксиметрия — новый неинвазивный метод мониторинга кислородного статуса головного мозга и церебрального кровотока, который активно внедряется в клиническую практику. Данная методика основана на транслюминальной спектроскопии в параинфракрасном спектре, которая позволяет оценить процентное насыщение кислородом крови, протекающей через ткань головного мозга. Поскольку 70 % протекающей через головной мозг крови является венозной, нормальные значения церебральной оксиметрии соответствуют нормальным значениям центральной венозной сатурации, то есть 65–75 % [20]. Преимуществами данной методики являются неинвазивность, а также возможность получения данных в режиме реального времени. В настоящее время в России доступны два типа церебральных оксиметров, которые принципиально отличаются методикой детекции сигнала. Церебральный оксиметр INVOS является тренд-основанным церебральным оксиметром, измеряющим регионарное насыщение гемоглобина кислородом в сосудистом бассейне коры головного мозга ( $rSO_2$ ). Под трендом понимают

расчетную спрямляемую кривую изменения, построенную путем математической обработки статистических данных на основе динамических рядов. Церебральный оксиметр FORE-SIGHT использует лазерную оптическую технологию с четырьмя длинами волн, которые, по мнению ряда авторов, обеспечивают более точное измерение абсолютной насыщенности ткани мозга кислородом ( $\%SctO_2$ ) [21]. В ряде исследований было доказано, что интраоперационное применение церебральной оксиметрии позволяло уменьшить частоту развития нейрокognитивных нарушений и сократить продолжительность послеоперационной респираторной поддержки, длительность пребывания в отделении интенсивной терапии и госпитализации [22]. Тем не менее возможности данного метода при хирургической коррекции приобретенных комбинированных пороков сердца изучены недостаточно.

В связи с этим нами была поставлена следующая цель: оценить взаимосвязь между церебральной оксигенацией и показателями гемодинамики и транспорта кислорода при хирургической коррекции комбинированных приобретенных пороков сердца.

## Материал и методы

Исследование было проведено на базе ГБУЗ «Первая городская клиническая больница им. Е. Е. Волосевич» и кафедры анестезиологии и реаниматологии Северного государственного медицинского университета (г. Архангельск). После получения информированного согласия в проспективном порядке в исследование были включены 40 взрослых больных с комбинированными приобретенными пороками сердца, которые требовали плановой хирургической коррекции 2-х и более клапанов. Нозологическая структура заболеваний включала в себя ревматизм, заболевания соединительной ткани, атеросклероз и инфекционный эндокардит. В предоперационном периоде все пациенты были обследованы по протоколу, включавшему в себя общий клинический анализ крови, биохимическое исследование крови, коагулограмму, рентгенографию органов грудной клетки, электрокардиографию, эхокардиографию и коронарографию при наличии симптомов ИБС и/или возрасте старше 50 лет. Тяжесть исходной сердечной недостаточности оценивали на основании функционального класса NYHA и уровня крови мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP). Риск предстоящего хирургического вмешательства оценивался при помощи шкалы EuroSCORE. Премедикация перед операцией включала в себя назначение бензодиазепинов (феназепам 1–2 мг), барбитуратов (фенобарбитал 100 мг), блокаторов протонной помпы (омепразол 20 мг) и блокаторов  $H_1$ -рецепторов (хлоропирамина гидрохлорид 25 мг).

Всем пациентам проводили стандартный периоперационный мониторинг, включающий непрерывную пульсоксиметрию, капнографию, регистрацию ЭКГ, частоты сердечных сокращений, артериального и центрального венозного давления (LifeScope, Nihon Kohden, Япония). Перед индукцией в анестезию всем больным проводили катетеризацию периферической вены (Vasofix, B|Braun, Melsungen, Германия). Индукцию анестезии осуществляли мидазоламом 0,07 мг/кг, пропофолом 1 мг/кг и фентанилом 5–7 мкг/кг. Миорелаксацию перед интубацией трахеи проводили при помощи пикелурония бромидом 0,1 мг/кг и поддерживали в дальнейшем его болюсным введением 0,015 мг/кг. Поддержание анестезии обеспечивали постоянной внутривенной инфузией пропофола и дробным введением фентанила для обеспечения глубины анестезии на хирургическом уровне 40–60 баллов под контролем монитора

Демографические и клинические характеристики пациентов до операции

Показатели, ед. измерения	Значения показателей
Возраст, лет	50,0±12,0
ФВ, %	59 (52–66)
EuroSCORE, баллы	4 (3–6)
NYHA, функциональный класс	3 (2–3)
NT-proBNP до операции, пг/мл	323 (127–1410)

**Примечание.** Данные представлены в виде среднего значения ± стандартного отклонения, медианы (25 и 75 процентиля). ФВ — фракция выброса; EuroSCORE (European system for cardiac operative risk evaluation) — Европейская система оценки риска кардиохирургического вмешательства; NYHA (New York Heart Association) — классификация сердечной недостаточности Нью-Йоркской Ассоциации Кардиологов; NT-proBNP-N — терминальный фрагмент мозгового натрийуретического пептида.

церебрального статуса (Cerebral State Monitor, Danmeter, Дания). После индукции анестезии осуществляли катетеризацию внутренней яремной вены трехпросветным катетером (Certifix, B.Braun), в один из портов которого устанавливали фиброоптический катетер для непрерывного мониторинга центральной венозной сатурации, и бедренной артерии термодилуционным катетером 5F PV2015L20 (Pulsioath, Pulsion Medical Systems, Германия). Искусственную вентиляцию легких в операционной осуществляли аппаратом Primus (Dräger, Германия) с параметрами: FiO<sub>2</sub> 50%, дыхательный объем 6–8 мл/кг, частота дыхания 12–14/мин. Оценку транспорта кислорода и церебральной оксигенации осуществляли монитором PiCCO2 (Pulsion Medical Systems, Германия) и церебральным оксиметром Fore-Sight (CASMED, США).

Инфузионную терапию в ходе операции и в раннем послеоперационном периоде проводили кристаллоидными растворами (Стерофундин ISO и G5, B.Braun), а в случае гиповолемии — 6% гидроксиэтилкрахмалом 130/0,42 в сбалансированном растворе электролитов (Тетраспан 6, B.Braun).

Адекватность хирургической коррекции клапанной патологии проверяли посредством чреспищеводной эхокардиографии (Acuson Cypress, Siemens, Германия).

Искусственное кровообращение (ИК) осуществляли аппаратом Jostra HL 20 (Maquet, Швеция) в непальсирующем режиме с индексом перфузии 2,5 л/мин/м<sup>2</sup>. Остановку сердечной деятельности и защиту миокарда проводили холодным (4–6°C) кардиоплегическим раствором Бретшнейдера (Кустодиол, Др. Франц Келер Хемп ГмБХ, Германия). Кардиоплегический раствор доставляли антеградно, однократно, в объеме 3 литра в начале вмешательства. Восстановление сердечной деятельности происходило в течение 20–40 минут после снятия зажима с аорты спонтанно, либо с использованием электрокардиостимуляции (ЭКС). Прекращение ИК осуществляли этапно. При развитии сердечной недостаточности, что диагностировали на основании значений СИ < 2,0 л/мин/м<sup>2</sup>, для поддержания насосной функции сердца использовали постоянную внутривенную инфузию добутамина в дозе 3–10 мкг/кг/мин и/или адреналина в дозе 0,05–0,2 мкг/кг/мин.

Оценку гемодинамических параметров осуществляли на этапе индукции в анестезию, в конце операции и в течение 24-х часов послеоперационного периода. У всех пациентов интраоперационно и в раннем послеоперационном периоде исследовали уровень гемоглобина, газовый состав крови, а также концентрации лактата и сахара в плазме крови. При развитии декомпенсированного метаболического ацидоза проводилась инфузия раствора гидрокарбоната натрия. Гипергликемию корригировали подкожным или внутривенным введением инсулина, при этом сахар крови поддерживали в пределах 6–10 ммоль/л. Учитывали расход препаратов для анестезии, гемодинамически активных препаратов, инфузионных сред и длительность респираторной поддержки.

Респираторную поддержку прекращали при достижении пациентом критериев отлучения, к которым относили восстановление сознания (индекс церебрального статуса выше 90),

стабильные показатели гемодинамики и газообмена, отсутствие декомпенсированного ацидоза, отсутствие инотропной/вазопрессорной поддержки или умеренные (до 0,1 мкг/кг/мин для адреналина и до 10 мкг/кг/мин для добутамина) дозы инотропных/вазопрессорных препаратов, адекватное спонтанное дыхание с минимальной (до 6 см вод. ст.) поддержкой давлением, отсутствие послеоперационного кровотечения.

Длительность послеоперационной интенсивной терапии фиксировали при достижении больным критериев для перевода в кардиохирургическое отделение, а именно: наличия ясного сознания, SaO<sub>2</sub> > 90% при дыхании воздухом, отсутствии угрожающих жизни аритмий, дренажной кровопотери менее 50 мл/ч, темпа диуреза не менее 0,5 мл/кг/ч, отсутствие инотропной и вазопрессорной зависимости и признаков ишемии на ЭКГ. У всех пациентов регистрировали продолжительность пребывания в отделении реанимации и в стационаре.

Статистический анализ проведен при помощи пакета программ SPSS 15.0 с расчетом коэффициента корреляции Спирмена. Количественные данные представлены в зависимости от их распределения как M±SD или Md (25-й — 75-й процентиля).

## Результаты и обсуждение

Демографические и предоперационные клинические характеристики исследуемых пациентов представлены в табл. 1. Несмотря на относительно молодой средний возраст и сохранную фракцию выброса левого желудочка, тяжесть больных по шкале EuroSCORE, предоперационный функциональный класс NYHA, а также повышенный уровень NT-proBNP отражают наличие достаточно выраженной исходной сердечной недостаточности.

Периоперационные характеристики исследуемых пациентов отражены в табл. 2. Несмотря на достаточно большую продолжительность операции, ишемии миокарда и искусственного кровообращения, ранняя целенаправленная интенсивная терапия, а также мониторинг глубины анестезии позволили обеспечить относительно короткую продолжительность респираторной поддержки и интенсивной терапии после операции.

Объем и качественный состав инфузионной терапии в периоперационном периоде, частота использования инотропной поддержки, объем послеоперационной кровопотери, а также потребность в препаратах крови представлены в табл. 3. В целом они соответствуют показателям, полученным при данном виде вмешательств другими авторами [23, 24].

Лабораторные данные и показатели церебральной оксиметрии в ходе ИК представлены в табл. 4. Парци-

Таблица 2

## Периоперационные характеристики исследуемых больных

Показатели, ед. измерения	Значение показателей
Длительность операции, мин	193 (175–236)
Длительность ИК, мин	103 (84–135)
Длительность ИМ, мин	79 (60–109)
Длительность послеоперационной ИВЛ, часы	8 (6–13)
Длительность интенсивной терапии, часы	24 (24–40)
Длительность пребывания в ОИТ, часы	66 (44–93)
Длительность госпитализации, дни	14 (11–21)

**Примечание.** Данные представлены в виде медианы (25 и 75 перцентили). ИК – искусственное кровообращение; ИМ – ишемия миокарда; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ОИТ – отделение интенсивной терапии.

Таблица 3

## Расход анестетиков и периоперационная терапия

Показатели, ед. измерения	Значение показателей
Интраоперационный объем инфузии кристаллоидов, мл	1400 (1400–1400)
Интраоперационный гидробаланс, мл	550 (-238–1575)
Объем инфузии кристаллоидов после операции, мл	1350 (1200–1700)
Объем инфузии коллоидов после операции, мл	0 (0–500)
Послеоперационная кровопотеря, мл	300 (250–400)
Частота гемотрансфузии после операции	11 (28%)
Послеоперационный гидробаланс, мл	-250 (-738–288)
Частота использования инотропной/вазопрессорной поддержки после операции	18 (45%)

**Примечание.** Данные представлены в виде среднего значения  $\pm$  стандартного отклонения, медианы (25 и 75 перцентили).

Таблица 4

## Лабораторные данные и церебральная оксиметрия в ходе искусственного кровообращения

Показатели, ед. измерения	Значения показателей на этапах исследования				
	Начало ИК	30 мин ИК	60 мин ИК	90 мин ИК	120 мин ИК
PvO <sub>2</sub> , мм.рт.ст.	45 (37–52)	57 (52–67)*	54 (49–74)*	58 (47–67)*	52 (45–64)*
ScvO <sub>2</sub> , %	75 (70–84)	89 (85–94)*	87 (84–95)*	89 (82–94)*	86 (81–94)*
SctO <sub>2</sub> , %	66 (61–68)	70 (65–73)*	69 (66–74)*	70 (63–73)*	68 (64–73)*
CSI	40 (38–44)	36 (28–41)*	40 (29–43)	38 (29–41)*	40 (35–41)
Лактат крови, моль/л	0,8 (0,6–1,2)	1,1 (0,9–1,4)*	1,6 (1,2–1,9)*	2,1 (1,5–2,7)*	2,3 (1,8–3,1)*

**Примечание.** Данные представлены в виде медианы (25 и 75 перцентили). \* –  $p < 0,05$  при внутригрупповом сравнении со значениями в начале ИК. PvO<sub>2</sub> – парциальное давление кислорода венозной крови; ScvO<sub>2</sub> – сатурация центральной венозной крови кислородом; SctO<sub>2</sub> – церебральная оксигенация; CSI (Cerebral State Index) – индекс церебрального статуса.

альное давление кислорода, сатурация венозной крови, а также церебральная оксигенация достоверно повышались в ходе перфузии по сравнению со значениями в начале ИК. Данные изменения объясняются снижением потребления кислорода в условиях углубления анестезии на фоне ИК [25]. Индекс церебрального статуса, отражающий глубину анестезии, достоверно снижался по сравнению со своими значениями в начале перфузии, что требовало уменьшения дозировки пропофола для поддержания анестезии. Относительная передозировка пропофола в ходе перфузии может быть вызвана снижением клиренса препарата, обусловленным ухудшением кровотока в печени и почках на фоне централизации кровообращения [26–28]. Несмотря на общее снижение потребления кислорода, концентрация лактата крови достоверно росла в ходе ИК, что подтверждает ухудшение перфузии тканей, обусловленное централизацией кровообращения [29].

Основные показатели гемодинамики и транспорта кислорода представлены в табл. 5. В раннем после-

операционном периоде отмечалось достоверное снижение среднего артериального давления (АД<sub>СРЕД</sub>) и индекса системного сосудистого сопротивления (ИССС) при сравнении с показателями в начале операции. Такие изменения, по нашему мнению, обусловлены инфузионной терапией, уменьшающей вазопазм, а также развитием системного воспалительного ответа в постперфузионном периоде [30, 31]. На протяжении всего раннего послеоперационного периода отмечалось достоверное увеличение индекса ударного объема, сердечного индекса, индекса доставки кислорода, а также церебральной оксигенации при сравнении со значениями до операции. На наш взгляд, данные изменения обусловлены коррекцией исходной кардиальной патологии, а также ранней целенаправленной коррекцией нарушений гемодинамики, обеспечившей улучшение показателей транспорта кислорода. Подобные результаты были получены нами в предыдущей работе [32]. Значения центральной венозной сатурации уменьшались после операции, оста-

Таблица 5

Показатели ед. измерения	Показатели гемодинамики и транспорта кислорода						
	Значения показателей на этапах исследования						
	Начало операции	Конец операции	2 ч после операции	6 ч после операции	12 ч после операции	18 ч после операции	24 ч после операции
АДСРЕД, мм. рт. ст.	82±17	80±12	72±13*	72±9*	80±13	86±11	83±10
ИССС, дин/сек/см <sup>5</sup> /м <sup>2</sup>	3097±937	1964±588*	2011±688*	1874±480*	2270±564*	2522±636*	2271±504*
ИУО, мл/м <sup>2</sup>	31±9	35±11	33±8	38±10*	38±8*	37±9*	38±9*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	1,9±0,6	2,8±0,7*	2,6±0,6*	2,7±0,7*	2,6±0,5*	2,5±0,5*	2,6±0,5*
SctO <sub>2</sub> , %	65±7	68±6*	68±4*	69±4*	69±4*	70±4*	69±5*
ScvO <sub>2</sub> , %	72±9	76±10*	69±9	67±14*	69±10	70±7	69±9
DO <sub>2</sub> I, мл/мин/м <sup>2</sup>	314±88	350±108	420±118*	424±117*	422±103*	406±99*	412±95*
VO <sub>2</sub> I, мл/мин/м <sup>2</sup>	82±28	79±37	122±44*	127±53*	125±58*	117±38*	120±44*
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	391±99	263±98*	309±92*	351±76*	357±110	344±124*	342±124*
ИВСВЛ, мл/м <sup>2</sup>	13±6	11±3	10±3*	10±3*	9±3*	9±3*	10±3*

**Примечание.** Данные представлены в виде среднего значения ± стандартного отклонения. \* –  $p < 0,05$  при внутригрупповом сравнении со значениями в начале операции; АДСРЕД – среднее артериальное давление; ИУО – индекс ударного объема; СИ – сердечный индекс; ИССС – индекс системного сосудистого сопротивления; SctO<sub>2</sub> – церебральная оксигенация; ScvO<sub>2</sub> – центральная венозная сатурация; DO<sub>2</sub>I – индекс доставки кислорода; VO<sub>2</sub>I – индекс потребления кислорода; PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> – индекс оксигенации; ИВСВЛ – индекс внесосудистой воды легких.

Таблица 6

#### Корреляции между церебральной оксигенацией и лабораторными данными в ходе искусственного кровообращения

Показатели	Значения показателей на этапах исследования				
	Начало ИК	30 мин ИК	60 мин ИК	90 мин ИК	120 мин ИК
SctO <sub>2</sub> /Hct	$r=0,559$	$r=0,360$	$r=0,003$	$r=-0,086$	$r=-0,187$
	$p=0,001$	$p=0,031$	$p=0,987$	$p=0,616$	$p=0,275$
SctO <sub>2</sub> /PvO <sub>2</sub>	$r=0,301$	$r=0,350$	$r=0,059$	$r=-0,039$	$r=0,336$
	$p=0,066$	$p=0,036$	$p=0,733$	$p=0,824$	$p=0,045$
SctO <sub>2</sub> /ScvO <sub>2</sub>	$r=0,124$	$r=0,183$	$r=0,122$	$r=0,060$	$r=0,157$
	$p=0,460$	$p=0,287$	$p=0,480$	$p=0,728$	$p=0,359$
SctO <sub>2</sub> /Лактат	$r=-0,068$	$r=-0,435$	$r=-0,195$	$r=-0,186$	$r=0,144$
	$p=0,687$	$p=0,008$	$p=0,248$	$p=0,277$	$p=0,402$

**Примечание.** SctO<sub>2</sub> – церебральная оксигенация; Hct – гематокрит; PvO<sub>2</sub> – парциальное давление кислорода венозной крови; ScvO<sub>2</sub> – сатурация центральной венозной крови кислородом.

ваясь при этом в пределах физиологической нормы, что, по нашему мнению, является результатом активизации пациентов и увеличением потребления кислорода в послеоперационном периоде. Индекс оксигенации артериальной крови достоверно снижался в послеоперационном периоде, что может быть обусловлено формированием ателектазов вследствие оперативного вмешательства, а также ухудшением респираторной механики на фоне болевого синдрома. Схожие результаты были получены и другими авторами [33]. При этом показатели индекса внесосудистой воды легких достоверно снижались после операции, что можно объяснить коррекцией предшествующей клапанной дисфункции и улучшением легочной гемодинамики.

Корреляционные взаимосвязи между церебральной оксигенацией и лабораторными показателями во время ИК представлены в табл. 6. В ходе перфузии отмечалась корреляция между значениями церебральной оксиметрии и уровнем гематокрита. Негативное влияние гемодилуции на частоту развития неврологических осложнений после кардиохирургических вмешательств в условиях ИК хорошо известно [34, 35], поэтому ухудшение церебральной оксигенации может использоваться в качестве триггера для проведения гемотрансфузии

[36]. Прямая взаимосвязь между значениями церебральной оксиметрии и парциальным давлением кислорода венозной крови, которая была отмечена нами во время перфузии, объясняется тем фактом, что кровь, протекающая через головной мозг, на 70% является венозной. При этом не было выявлено корреляции между оксигенацией головного мозга и сатурацией венозной крови. Поскольку парциальное напряжение кислорода венозной крови используется в качестве основного маркера адекватности искусственного кровообращения, можно рекомендовать рутинное применение церебральной оксиметрии в качестве мониторинга адекватности перфузии у кардиохирургических больных [37]. Отрицательная взаимосвязь между значениями церебральной оксиметрии и уровнем лактата крови к 30 мин ИК, по нашему мнению, объясняется ухудшением транспорта кислорода на фоне гемодилуции [29]. Своевременно проведенная коррекция анемии позволила предотвратить дальнейшее прогрессирование лактат-ацидоза в ходе перфузии.

Корреляционные связи между церебральной оксигенацией и основными параметрами гемодинамики и детерминантами транспорта кислорода представлены в табл. 7. Нами не было обнаружено взаимосвязи значе-

## Корреляция между церебральной оксигенацией и показателями гемодинамики и транспорта кислорода

Показатели ед. измерения	Значения показателей на этапах исследования						
	Начало операции	Конец операции	2 ч после операции	6 ч после операции	12 ч после операции	18 ч после операции	24 ч после операции
SctO <sub>2</sub> /АДСРЕД	r=0,060 p=0,714	r=0,212 p=0,188	r=-0,078 p=0,634	r=0,249 p=0,121	r=0,270 p=0,092	r=-0,190 p=0,240	r=0,162 p=0,317
SctO <sub>2</sub> /ИССС	r=0,066 p=0,685	r=-0,236 p=0,143	r=-0,237 p=0,142	r=0,124 p=0,444	r=0,100 p=0,539	r=-0,402 p=0,010	r=-0,238 p=0,140
SctO <sub>2</sub> /ИУО	r=-0,092 p=0,574	r=0,195 p=0,228	r=0,109 p=0,504	r=-0,106 p=0,515	r=0,022 p=0,892	r=0,101 p=0,535	r=0,106 p=0,514
SctO <sub>2</sub> /СИ	r=-0,042 p=0,796	r=0,354 p=0,025	r=0,159 p=0,327	r=-0,097 p=0,553	r=0,262 p=0,103	r=0,382 p=0,015	r=0,367 p=0,020
SctO <sub>2</sub> /ScvO <sub>2</sub>	r=0,382 p=0,015	r=0,196 p=0,226	r=0,327 p=0,039	r=-0,031 p=0,850	r=0,290 p=0,070	r=0,548 p=0,001	r=0,539 p=0,001
SctO <sub>2</sub> /DO <sub>2</sub> I	r=0,241 p=0,134	r=0,354 p=0,025	r=0,252 p=0,116	r=0,064 p=0,695	r=0,387 p=0,014	r=0,344 p=0,030	r=0,388 p=0,013
SctO <sub>2</sub> /VO <sub>2</sub> I	r=-0,169 p=0,298	r=0,029 p=0,861	r=-0,008 p=0,961	r=0,092 p=0,572	r=-0,029 p=0,859	r=-0,167 p=0,304	r=-0,208 p=0,198
SctO <sub>2</sub> /PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	r=0,087 p=0,596	r=0,171 p=0,292	r=0,126 p=0,445	r=-0,026 p=0,874	r=0,228 p=0,157	r=0,099 p=0,544	r=0,357 p=0,024
ИВСВЛ, мл/м <sup>2</sup>	r=-0,456 p=0,043	r=0,129 p=0,589	r=0,124 p=0,602	r=0,076 p=0,750	r=0,201 p=0,396	r=0,148 p=0,534	r=0,142 p=0,549

**Примечание.** АДСРЕД — среднее артериальное давление; ИУО — индекс ударного объема; СИ — сердечный индекс; ИССС — индекс системного сосудистого сопротивления; ScvO<sub>2</sub> — центральная венозная сатурация; SctO<sub>2</sub> — церебральная оксигенация; DO<sub>2</sub>I — индекс доставки кислорода; VO<sub>2</sub>I — индекс потребления кислорода; PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> — индекс оксигенации; ИВСВЛ — индекс внесосудистой воды легких.

ний церебральной оксиметрии и среднего артериального давления. Отчасти это можно объяснить тем, что по протоколу ранней целенаправленной коррекции нарушений гемодинамики АДСРЕД поддерживалось в пределах 70–90 мм рт. ст. в течение всего периода исследования. На этом фоне ауторегуляция мозгового кровотока обеспечивала адекватную церебральную оксигенацию. На протяжении исследования отмечалась положительная корреляция между церебральной оксигенацией и значениями сердечного индекса, центральной венозной сатурации, а также индекса доставки кислорода. Эти показатели наиболее точно отражают транспорт кислорода и часто используются в схемах ранней целенаправленной терапии [32, 38]. Взаимосвязи между значениями церебральной оксиметрии и индекса ударного объема, а также индекса потребления кислорода в ходе работы отмечено не было. В начале операции наблюдалась отрицательная взаимосвязь

между оксигенацией головного мозга и индексом внесосудистой воды легких, значения которого тесно коррелируют с тяжестью нарушений оксигенирующей функции легких [39]. Кроме того, к концу первых суток послеоперационного периода была отмечена взаимосвязь между значениями церебральной оксиметрии и индексом оксигенации.

## Заключение

Значения церебральной оксигенации коррелируют с основными детерминантами транспорта кислорода в ходе ИК и после кардиохирургических вмешательств. Церебральная оксиметрия может использоваться при проведении ранней целенаправленной терапии при коррекции приобретенных комбинированных пороков сердца как во время перфузии, так и в послеоперационном периоде.

## Литература

1. Grigioni F, Enriquez-Sarano M, Ling L.H., Bailey K.R., Seward J.B., Tajik A.J., Frye R.L. Sudden death in mitral regurgitation due to flail leaflet. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 34 (7): 2078–2085.
2. Thom T., Haase N., Rosamond W., Howard V.J., Rumsfeld J., Manolio T., Zheng Z.J., Flegal K., O'Donnell C., Kittner S., Lloyd-Jones D., Goff D.C. Jr., Hong Y., Adams R., Friday G., Furie K., Gorelick P., Kissela B., Marler J., Meigs J., Roger V., Sidney S., Sorlie P., Steinberger J., Wasserthiel-Smolter S., Wilson M., Wolf P.; American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics—2006 update: a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. *Circulation.* 2006; 113 (6): e85–e151.
3. Follman D.F. Aortic regurgitation. Identifying and treating acute and chronic disease. *Postgrad. Med.* 1993; 93 (6): 83–90.
4. Хенсли-мл. Ф.А., Мартин Д.Е., Грэвли Г.П. Практическая кардиоанестезиология. М.: Медицинское информационное агентство; 2008.
5. Bonow R.O., Carabello B.A., Chatterjee K., de Leon A.C. Jr., Faxon D.P., Freed M.D., Gaasch W.H., Lytle B.W., Nishimura R.A., O'Gara P.T.,

- O'Rourke R.A., Otto C.M., Shah P.M., Shanewise J.S.; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. 2008 focused update incorporated into the ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to revise the 1998 guidelines for the management of patients with valvular heart disease). Endorsed by the Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 52 (13): e1–e142.
6. Яворовский А.Г., Флеров Е.В., Сандриков В.А., Бунятян А.А. Современные подходы к интраоперационной диагностике и лечению синдрома низкого сердечного выброса при кардиохирургических операциях. *Анестезиология и реаниматология.* 2006; 5: 5–10.
7. Mebazaa A., Pitsis A.A., Rudiger A., Toller W., Longrois D., Ricksten S.E., Bobek I., De Hert S., Wieselthaler G., Schirmer U., von Segesser L.K., Sander M., Poldermans D., Ranucci M., Karpati P.C., Wouters P., Seeberger M., Schmid E.R., Weder W., Follath F. Clinical review: practical recommendations on the management of perioperative heart failure in cardiac surgery. *Crit. Care.* 2010; 14 (2): 201.

8. *Punn T.M., Punn E.G., Mordovin V.F.* Оценка цереброваскулярного резерва. *Общая реаниматология.* 2010; 6 (6): 39–44.
9. *Roche A.M., Miller T.E.* Goal-directed or goal-misdirected — how should we interpret the literature? *Crit. Care.* 2010; 14 (2): 129.
10. *Perel A.* Bench-to-bedside review: the initial hemodynamic resuscitation of the septic patient according to Surviving Sepsis Campaign guidelines—does one size fit all? *Crit. Care.* 2008; 12 (5): 223.
11. *Morgenstern L.B., Hemphill J.C., Anderson C., Becker K., Broderick J.P., Connolly E.S.Jr., Greenberg S.M., Huang J.N., MacDonald R.L., Messe S.R., Mitchell P.H., Selim M., Tamargo R.J.; American Heart Association Stroke Council and Council on Cardiovascular Nursing.* Guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage: a guideline for health-care professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2010; 41 (9): 2108–2129.
12. *Pearse R., Dawson D., Fawcett J., Rhodes A., Grounds R.M., Bennett E.D.* Early goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. A randomised, controlled trial [ISRCTN38797445]. *Crit. Care.* 2005; 9 (6): R687–R693.
13. *Батыршина А.М., Ветшова М.С.* Диагностические возможности мониторинга центральной гемодинамики в торакальной онкохирургии. *Общая реаниматология.* 2011; 7 (2): 61–65.
14. *Karoor P.M., Kakani M., Chowdhury U., Choudhury M., Lakshmy, Kiran U.* Early goal-directed therapy in moderate to high-risk cardiac surgery patients. *Ann. Card. Anaesth.* 2008; 11 (1): 27–34.
15. *Сессони М., Рейнолдс Т.Е., Ал-Субаи Н., Родес А.* Haemodynamic monitoring in acute heart failure. *Heart Fail. Rev.* 2007; 12 (2): 105–111.
16. *Ленькин А.И., Паромов К.В., Сметкин А.А., Кузьков В.В., Сластилин В.Ю., Киров М.Ю.* Устранение нарушений гемодинамики при комплексном хирургическом лечении приобретенных клапанных пороков сердца. *Общая реаниматология.* 2011; 7 (6): 10–17.
17. *Benjamin E., Griffin K., Leibowitz A.B., Manasia A., Oropello J.M., Geffroy V., DelGiudice R., Hufanda J., Rosen S., Goldman M.* Goal-directed transesophageal echocardiography performed by intensivists to assess left ventricular function: comparison with pulmonary artery catheterization. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 1998; 12 (1): 10–15.
18. *Walley K.R.* Use of central venous oxygen saturation to guide therapy. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2011; 184 (5): 514–520.
19. *Coen D., Vaccaro A., Cazzaniga M., Cortellaro F., Monti G., Tombini V.* Toward a noninvasive approach to early goal-directed therapy. *Chest.* 2011; 139 (3): 726–727.
20. *Murkin J.M., Arango M.* Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *Br. J. Anaesth.* 2009; 103 (Suppl 1): i3–i13.
21. *MacLeod D.B., Ikeda K., Vacchiano C.* Simultaneous comparison of FORE-SIGHT and INVOS cerebral oximeters to jugular bulb and arterial co-oximetry measurements in healthy volunteers. *Anesth. Analg.* 2009; 108 (SCA Suppl): 1–104.
22. *Vohra H.A., Modi A., Ohri S.K.* Does use of intra-operative cerebral regional oxygen saturation monitoring during cardiac surgery lead to improved clinical outcomes? *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2009; 9 (2): 318–322.
23. *Butterworth J.F., Legault C., Royster R.L., Hammon J.W.* Factors that predict the use of positive inotropic drug support after cardiac valve surgery. *Anesth. Analg.* 1998; 86 (3): 461–467.
24. *Virmani S., Tempe D.K., Pandey B.C., Cheema A.S., Datt V., Garg M., Banerjee A., Wadhwa A.* Acute normovolemic hemodilution is not beneficial in patients undergoing primary elective valve surgery. *Ann. Card. Anaesth.* 2010; 13 (1): 34–38.
25. *Davis R.F., Kurusz M., Conti V.R.* Conduct of cardiopulmonary bypass. In: *Cardiopulmonary bypass: principles and practice.* 3rd ed. Gravlee G.P. (ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008: 543–571.
26. *Holley F.O., Pongains K.V., Stanski D.R.* Effect of cardiopulmonary bypass on the pharmacokinetics of drugs. *Clin. Pharmacokinet.* 1982; 7 (3): 234–251.
27. *Andersson L.G., Bratteby L.E., Ekroth R., Hallhagen S., Joachimsson P.O., van der Linden J., Wesslen O.* Renal function during cardiopulmonary bypass: influence of pump flow and systemic blood pressure. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1994; 8 (11): 597–602.
28. *Hampton W.W., Townsend M.C., Schirmer W.J., Haybron D.M., Fry D.E.* Effective hepatic blood flow during cardiopulmonary bypass. *Arch. Surg.* 1989; 124 (4): 458–459.
29. *Shinde S.B., Golam K.K., Kumar P., Patil N.D.* Blood lactate levels during cardiopulmonary bypass for valvular heart surgery. *Ann. Card. Anaesth.* 2005; 8 (1): 39–44.
30. *Wan S., LeClerc J.L., Vincent J.L.* Inflammatory response to cardiopulmonary bypass: mechanisms involved and possible therapeutic strategies. *Chest.* 1997; 112 (3): 676–692.
31. *Мороз В.В., Салмина А.Б., Фурсов А.А., Михуткина С.В., Линева К.А., Шахмаева С.В.* Новые аспекты развития системной воспалительной реакции после аортокоронарного шунтирования. *Общая реаниматология.* 2008; 4 (6): 5–8.
32. *Lenkin A.I., Kirov M.Y., Kuzkov V.V., Paromov K.V., Smetkin A.A., Lie M., Bjertnaes L.J.* Comparison of goal-directed hemodynamic optimization using pulmonary artery catheter and transpulmonarythermodilution in combined valve repair: a randomized clinical trial. *Crit. Care Res. Pract.* 2012; 2012: 821218.
33. *Jaber S., Michelet P., Chanques G.* Role of non-invasive ventilation (NIV) in the perioperative period. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* 2010; 24 (2): 253–265.
34. *Karkouti K., Djaiani G., Borger M.A., Beattie W.S., Fedorko L., Wijesundera D., Ivanov J., Karski J.* Low hematocrit during cardiopulmonary bypass is associated with increased risk of perioperative stroke in cardiac surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 80 (4): 1381–1387.
35. *Мороз В.В., Корниченко А.Н., Мозалев А.С., Парфенов А.В., Шахмаева С.В.* Проблема повреждения головного мозга при кардиохирургических вмешательствах в условиях искусственного кровообращения. *Общая реаниматология.* 2008; 4 (4): 16–20.
36. *Шепелюк А.Н., Клыпа Т.В., Никуфоров Ю.В.* Церебральная оксиметрия в кардиохирургии. *Общая реаниматология.* 2012; 8 (2): 67–73.
37. *Faulkner J.T., Hartley M., Tang A.* Using cerebral oximetry to prevent adverse outcomes during cardiac surgery. *Perfusion.* 2011; 26 (2): 79–81.
38. *Smetkin A.A., Kirov M.Y., Kuzkov V.V., Lenkin A.I., Ereemeev A.V., Slastilin V.Y., Borodin V.V., Bjertnaes L.J.* Single transpulmonarythermodilution and continuous monitoring of central venous oxygen saturation during off-pump coronary surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2009; 53 (4): 505–514.
39. *Kuzkov V.V., Kirov M.Y., Sovershaev M.A., Kuklin V.N., Suborov E.V., Waerhaug K., Bjertnaes L.J.* Extravascular lung water determined with single transpulmonarythermodilution correlates with the severity of sepsis-induced acute lung injury. *Crit. Care Med.* 2006; 34 (6): 1647–1653.

## References

1. *Grigioni F., Enriquez-Sarano M., Ling L.H., Bailey K.R., Seward J.B., Tajik A.J., Frye R.L.* Sudden death in mitral regurgitation due to flail leaflet. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 34 (7): 2078–2085.
2. *Thom T., Haase N., Rosamond W., Howard V.J., Rumsfeld J., Manolio T., Zheng Z.J., Flegal K., O'Donnell C., Kittner S., Lloyd-Jones D., Goff D.C. Jr., Hong Y., Adams R., Friday G., Furie K., Gorelick P., Kissela B., Marler J., Meigs J., Roger V., Sidney S., Sorlie P., Steinberger J., Wassenthiel-Smoller S., Wilson M., Wolf P.; American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee.* Heart disease and stroke statistics—2006 update: a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. *Circulation.* 2006; 113 (6): e85–e151.
3. *Follman D.F.* Aortic regurgitation. Identifying and treating acute and chronic disease. *Postgrad. Med.* 1993; 93 (6): 83–90.
4. *Hensley F.A. Jr., Martin D.E., Gravlee G.P.* A practical approach to cardiac anesthesia. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2008. [Transl. into Russ.]
5. *Bonow R.O., Carabello B.A., Chatterjee K., de Leon A.C. Jr., Faxon D.P., Freed M.D., Gaasch W.H., Lytle B.W., Nishimura R.A., O'Gara P.T., O'Rourke R.A., Otto C.M., Shah P.M., Shanewise J.S.; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines.* 2008 focused update incorporated into the ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to revise the 1998 guidelines for the management of patients with valvular heart disease). Endorsed by the Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 52 (13): e1–e142.
6. *Yavorovskiy A.G., Flerov E.V., Sandrikov V.A., Bunyatyan A.A.* Sovremennye podkhody k intraoperatsionnoi diagnostike i lecheniyu sindroma nizkogo serdechnogo vybrosa pri kardiokhirurgicheskikh operatsiyakh. [Current approaches to the intraoperative diagnosis and treatment of low cardiac output syndrome during cardiac surgery]. *Anesteziologiya i Reanimatologiya.* 2006; 5: 5–10. [In Russ.]
7. *Mebazaa A., Pitsis A.A., Rudiger A., Toller W., Longrois D., Ricksten S.E., Bobek I., De Hert S., Wieselthaler G., Schirmer U., von Segesser L.K., Sander M., Poldermans D., Ranucci M., Karpati P.C., Wouters P., Seeberger M., Schmid E.R., Weder W., Follath F.* Clinical review: practical recommendations on the management of perioperative heart failure in cardiac surgery. *Crit. Care.* 2010; 14 (2): 201.
8. *Ripp T.M., Ripp E.G., Mordovin V.F.* Otsenka tserebrovaskulyarnogo rezerva. [Cerebrovascular reserve estimation]. *Obshchaya Reanimatologiya.* 2010; 6 (6): 39–44. [In Russ.]
9. *Roche A.M., Miller T.E.* Goal-directed or goal-misdirected — how should we interpret the literature? *Crit. Care.* 2010; 14 (2): 129.
10. *Perel A.* Bench-to-bedside review: the initial hemodynamic resuscitation of the septic patient according to Surviving Sepsis Campaign guidelines—does one size fit all? *Crit. Care.* 2008; 12 (5): 223.

11. Morgenstern L.B., Hemphill J.C., Anderson C., Becker K., Broderick J.P., Connolly E.S.Jr., Greenberg S.M., Huang J.N., MacDonald R.L., Messe S.R., Mitchell P.H., Selim M., Tamargo R.J.; American Heart Association Stroke Council and Council on Cardiovascular Nursing. Guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage: a guideline for health-care professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2010; 41 (9): 2108–2129.
12. Pearse R., Dawson D., Fawcett J., Rhodes A., Grounds R.M., Bennett E.D. Early goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. A randomised, controlled trial [ISRCTN38797445]. *Crit. Care*. 2005; 9 (6): R687–R693.
13. Batyrshina A.M., Vetsheva M.S. Diagnosticheskie vozmozhnosti monitoringa tsentralnoi gemodinamiki v torakalnoi onkokirurgii. [Diagnostic capacity of central hemodynamic monitoring at thoracic cancer surgery]. *Obshchaya Reanimatologiya*. 2011; 7 (2): 61–65. [In Russ.]
14. Kapoor P.M., Kakani M., Chowdhury U., Choudhury M., Lakshmy, Kiran U. Early goal-directed therapy in moderate to high-risk cardiac surgery patients. *Ann. Card. Anaesth.* 2008; 11 (1): 27–34.
15. Cecconi M., Reynolds T. E., Al-Subaie N., Rhodes A. Haemodynamic monitoring in acute heart failure. *Heart Fail. Rev.* 2007; 12 (2): 105–111.
16. Lenkin A.I., Paromov K.V., Smetkin A.A., Kuzkov V.V., Slastilin V.Yu., Kirov M.Yu. Ustranenie narushenii gemodinamiki pri kompleksnom khirurgicheskom lechenii priobretennykh klapannykh porokov serdtsa. [Targeted correction of hemodynamic disorders in the complex surgical correction of acquired cardiac valvular defects]. *Obshchaya Reanimatologiya*. 2011; 7 (6): 10–17. [In Russ.]
17. Benjamin E., Griffin K., Leibowitz A.B., Manasia A., Oropello J.M., Gefjroy V., DelGiudice R., Hufanda J., Rosen S., Goldman M. Goal-directed transesophageal echocardiography performed by intensivists to assess left ventricular function: comparison with pulmonary artery catheterization. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 1998; 12 (1): 10–15.
18. Walley K.R. Use of central venous oxygen saturation to guide therapy. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2011; 184 (5): 514–520.
19. Coen D., Vaccaro A., Cazzaniga M., Cortellaro F., Monti G., Tombini V. Toward a noninvasive approach to early goal-directed therapy. *Chest*. 2011; 139 (3): 726–727.
20. Murkin J.M., Arango M. Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *Br. J. Anaesth.* 2009; 103 (Suppl 1): i3–i13.
21. MacLeod D.B., Ikeda K., Vacchiano C. Simultaneous comparison of FORE-SIGHT and INVOS cerebral oximeters to jugular bulb and arterial co-oximetry measurements in healthy volunteers. *Anesth. Analg.* 2009; 108 (SCA Suppl): 1–104.
22. Vohra H.A., Modi A., Ohri S.K. Does use of intra-operative cerebral regional oxygen saturation monitoring during cardiac surgery lead to improved clinical outcomes? *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2009; 9 (2): 318–322.
23. Butterworth J.F., Legault C., Royster R.L., Hammon J.W. Factors that predict the use of positive inotropic drug support after cardiac valve surgery. *Anesth. Analg.* 1998; 86 (3): 461–467.
24. Virmani S., Tempe D.K., Pandey B.C., Cheema A.S., Datt V., Garg M., Banerjee A., Wadhwa A. Acute normovolemic hemodilution is not beneficial in patients undergoing primary elective valve surgery. *Ann. Card. Anaesth.* 2010; 13 (1): 34–38.
25. Davis R.F., Kurusz M., Conti V.R. Conduct of cardiopulmonary bypass. In: *Cardiopulmonary bypass: principles and practice*. 3<sup>rd</sup> ed. Gravlee G.P. (ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008: 543–571.
26. Holley F.O., Pongains K.V., Stanski D.R. Effect of cardiopulmonary bypass on the pharmacokinetics of drugs. *Clin. Pharmacokinet.* 1982; 7 (3): 234–251.
27. Andersson L.G., Bratteby L.E., Ekroth R., Hallhagen S., Joachimsson P.O., van der Linden J., Wesslen O. Renal function during cardiopulmonary bypass: influence of pump flow and systemic blood pressure. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1994; 8 (11): 597–602.
28. Hampton W.W., Townsend M.C., Schirmer W.J., Haybron D.M., Fry D.E. Effective hepatic blood flow during cardiopulmonary bypass. *Arch. Surg.* 1989; 124 (4): 458–459.
29. Shinde S.B., Golam K.K., Kumar P., Patil N.D. Blood lactate levels during cardiopulmonary bypass for valvular heart surgery. *Ann. Card. Anaesth.* 2005; 8 (1): 39–44.
30. Wan S., LeClerc J.L., Vincent J.L. Inflammatory response to cardiopulmonary bypass: mechanisms involved and possible therapeutic strategies. *Chest*. 1997; 112 (3): 676–692.
31. Moroz V.V., Salmina A.B., Fursov A.A., Mikhutkina S.V., Linev K.A., Shakhmaeva S.V. Novye aspekty razvitiya sistemnoi vospalitelnoi reaktsii posle aortokoronarnogo shuntirovaniya. [Development of systemic inflammatory reaction after aortocoronary bypass surgery: new aspects]. *Obshchaya Reanimatologiya*. 2008; 4 (6): 5–8. [In Russ.]
32. Lenkin A.I., Kirov M.Y., Kuzkov V.V., Paromov K.V., Smetkin A.A., Lie M., Bjertnaes L.J. Comparison of goal-directed hemodynamic optimization using pulmonary artery catheter and transpulmonarythermodilution in combined valve repair: a randomized clinical trial. *Crit. Care Res. Pract.* 2012; 2012: 821218.
33. Jaber S., Michelet P., Chanques G. Role of non-invasive ventilation (NIV) in the perioperative period. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* 2010; 24 (2): 253–265.
34. Karkouti K., Djaiani G., Borger M.A., Beattie W.S., Fedorko L., Wijeyundera D., Ivanov J., Karski J. Low hematocrit during cardiopulmonary bypass is associated with increased risk of perioperative stroke in cardiac surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 80 (4): 1381–1387.
35. Moroz V.V., Kornienko A.N., Mozalev A.S., Parfenyuk A.V., Shakhmaeva S.V. Problema povrezhdeniya golovnogogo mozga pri kardiokhirurgicheskikh vmeshatelstvakh v usloviyakh iskusstvennogo krovoobrashcheniya. [Problem of brain injury during cardiosurgical interventions under extracorporeal circulation]. *Obshchaya Reanimatologiya*. 2008; 4 (4): 16–20. [In Russ.]
36. Shepelyuk A.N., Klypa T.V., Nikiforov Yu.V. Tserbralnaya oksimetriya v kardiokhirurgii. [Cerebral oximetry in cardiac surgery]. *Obshchaya Reanimatologiya*. 2012; 8 (2): 67–73. [In Russ.]
37. Faulkner J.T., Hartley M., Tang A. Using cerebral oximetry to prevent adverse outcomes during cardiac surgery. *Perfusion*. 2011; 26 (2): 79–81.
38. Smetkin A.A., Kirov M.Y., Kuzkov V.V., Lenkin A.I., Ereemeev A.V., Slastilin V.Y., Borodin V.V., Bjertnaes L.J. Single transpulmonarythermodilution and continuous monitoring of central venous oxygen saturation during off-pump coronary surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2009; 53 (4): 505–514.
39. Kuzkov V.V., Kirov M.Y., Sovershaev M.A., Kuklin V.N., Suborov E.V., Waerhaug K., Bjertnaes L.J. Extravascular lung water determined with single transpulmonarythermodilution correlates with the severity of sepsis-induced acute lung injury. *Crit. Care Med.* 2006; 34 (6): 1647–1653.

Поступила 25.02.12