

## ФАКТОРЫ РИСКА ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ЭНЦЕФАЛОПАТИЙ В КАРДИОХИРУРГИИ

А. Н. Шепелюк<sup>1</sup>, Т. В. Клыпа<sup>1</sup>, Ю. В. Никифоров<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Центр сердечно-сосудистой и эндоваскулярной хирургии КБ № 119 ФМБА России, Москва

<sup>2</sup> НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского РАМН, Москва

<sup>3</sup> Городская клиническая больница №15 ДЗ г. Москвы

### Risk Factors for Postoperative Encephalopathies in Cardiac Surgery

A. N. Shepelyuk<sup>1</sup>, T. V. Klypa<sup>1</sup>, Yu. V. Nikiforov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Cardiovascular and Endovascular Surgery Center, Clinical Hospital One Hundred and Nineteen, Federal Biomedical Agency of Russia, Moscow

<sup>2</sup> V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

**Цель исследования:** выявить факторы риска развития послеоперационных неврологических осложнений (ПОНО) при операциях с ИК. **Материал и методы.** обследовали 548 пациентов, оперированных с ИК. Всем больным проводили мультимодальный нейромониторинг. Анализировали пред-, интра- и послеоперационные данные. **Результаты.** Выделили 2 группы пациентов – 1 гр. – с ПОНО ( $n=59$ ) и 2 гр. – без ПОНО ( $n=489$ ). Пациенты с ПОНО были старше больных без ПОНО ( $61,95\pm 1,15$ ;  $59\pm 0,4$  лет), имели меньшую площадь поверхности тела ( $1,87\pm 0,02$ ;  $1,97\pm 0,01$  м<sup>2</sup>), в группе пациентов с ПОНО было больше женщин ( $37,3\pm 6,4\%$ ;  $22,1\pm 1,9\%$ ). В 1-й гр. достоверно чаще поводом для операции была сочетанная патология –  $33,9\pm 6,22$ ;  $9,2\pm 1,29\%$ . У больных с ПОНО церебральная оксигенация (ЦО) была достоверно ниже ( $64\pm 1,41\%$ ;  $69,9\pm 0,38\%$ ). В предоперационном периоде выявили различия в группах по гемоглобину (Hb), общему белку, креатинину, мочевины ( $135\pm 2,03$ ;  $142\pm 0,71$  г/л,  $73\pm 0,93$ ;  $74,9\pm 0,3$  ммоль/л,  $104,7\pm 3,3$ ;  $96,3\pm 1,06$  ммоль/л,  $7,5\pm 0,4$ ;  $6,5\pm 0,1$  ммоль/л, соответственно). В гр. с ПОНО выявляли чаще стенозы ВСА более 50% ( $28,8\pm 5,95$ ;  $15,3\pm 1,63\%$ ,  $p<0,05$ ), дисциркуляторные энцефалопатии (ДЭП) –  $38,9\pm 6,4$  и  $19,4\pm 1,8\%$ ,  $p<0,05$ . ЦО, Hb, гематокрит, доставка кислорода были ниже в 1-й гр. на всех этапах. В предперфузионном периоде СИ был ниже в 1-й группе ( $2,3\pm 0,1$ ;  $2,5\pm 0,03$  л/мин/м<sup>2</sup>,  $p<0,01$ ). В постперфузионном периоде АД ср. было ниже в 1-й гр. ( $72,3\pm 1,4$ ;  $76,4\pm 0,47$  мм рт. ст.,  $p=0,007$ , а ЧСС выше ( $92,65\pm 1,5$ ;  $88,16\pm 0,49$  мин<sup>-1</sup>,  $p=0,007$ ). В 1-й гр. отметили более низкое РСО<sub>2</sub>а. Пациентам 1-й гр. чаще ( $33,9\pm 6,2$ ;  $20,5\pm 1,8\%$ ,  $p<0,05$ ) и в больших дозировках ( $0,02\pm 0,001$ ;  $0,01\pm 0,003$  мкг/кг/мин.,  $p<0,05$ ) назначали адреналин. **Заключение.** Дооперационные факторы риска ПОНО – женский пол, меньшая площадь поверхности тела, сочетанная патология, сниженный уровень гемоглобина, общего белка, более высокие креатинин и мочевина, наличие сопутствующих ДЭП, стенозов ВСА более 50%. Фактором риска ПОНО явилось сниженные значения ЦО как в предоперационном, так и в интраоперационном периоде. У пациентов группы риска следует избегать снижения перфузионного давления, детерминант доставки кислорода и гипоксии. **Ключевые слова** – искусственное кровообращение, церебральная оксиметрия, послеоперационные неврологические осложнения.

**Objective:** to reveal risk factors for postoperative neurological complications (PONC) during surgery under extracorporeal circulation (EC). **Subjects and methods.** Five hundred and forty-eight patients were operated on under EC. Multimodal monitoring was performed in all the patients. Pre-, intra-, and postoperative data were analyzed. **Results.** Two patient groups were identified. These were 1) 59 patients with PONC and 2) 489 patients without PONC. The patients with PONC were older than those without PONC ( $61.95\pm 1.15$  and  $59\pm 0.4$  years) and had a smaller body surface area ( $1.87\pm 0.02$  and  $1.97\pm 0.01$  m<sup>2</sup>); in the PONC group, there were more women ( $37.3\pm 6.4$  and  $22.1\pm 1.9\%$ ). In Group 1, comorbidity was a significantly more common indication for surgery ( $33.9\pm 6.22$  and  $9.2\pm 1.29\%$ ). In this group, cerebral oxygenation (CO) was significantly lower ( $64\pm 1.41$  and  $69.9\pm 0.38\%$ ). In the preoperative period, there were group differences in hemoglobin (Hb), total protein, creatinine, and urea ( $135\pm 2.03$ ;  $142\pm 0.71$  g/l,  $73\pm 0.93$ ;  $74.9\pm 0.3$  mmol/l,  $104.7\pm 3.3$ ;  $96.3\pm 1.06$  mmol/l,  $7.5\pm 0.4$ ;  $6.5\pm 0.1$  mmol/l, respectively). The PONC group more frequently exhibited more than 50% internal carotid artery (ICA) stenosis ( $28.8\pm 5.95$ ;  $15.3\pm 1.63\%$ ;  $p<0.05$ ), dyscirculatory encephalopathies (DEP) ( $38.9\pm 6.4$  and  $19.4\pm 1.8\%$ ;  $p<0.05$ ), CO, Hb, hematocrit, and oxygen delivery were lower in Group 1 at all stages. In the preperfusion period, cardiac index was lower in Group 1 ( $2.3\pm 0.1$  and  $2.5\pm 0.03$  l/min/m<sup>2</sup>;  $p<0.01$ ). In the postperfusion period, blood pressure was lower in Group 1 ( $72.3\pm 1.4$  and  $76.4\pm 0.47$  mm Hg;  $p=0.007$ ) and higher rate was higher ( $92.65\pm 1.5$  and  $88.16\pm 0.49$  min<sup>-1</sup>;  $p=0.007$ ). Lower PCO<sub>2</sub>a was noted in Group 1. In this group, the patients were given epinephrine more frequently ( $33.9\pm 6.2$  and  $20.5\pm 1.8\%$ ;  $p<0.05$ ) and in larger dosages ( $0.02\pm 0.001$  and  $0.01\pm 0.003$  μg/kg/min;  $p<0.05$ ). **Conclusion.** The preoperative risk factors of CONC is female gender, lower body surface area, comorbidity, lower Hb and total protein, higher creatinine and urea, concomitant DEP, and a more than 50% ICA stenosis. The risk factor of PONC was lower CO values in both preoperative and intraoperative periods. A reduction in perfusion pressure, determinants of oxygen delivery determinants and hypoxemia should be avoided in risk-group patients. **Key words:** extracorporeal circulation, cerebral oximetry, neurological dysfunction, cerebral oxygenation.

Адрес для корреспонденции (Correspondence to):

Шепелюк Александр Николаевич (Shepelyuk A. N.)  
E-mail: dr.shepp@mail.ru

## Введение

Частота неврологических осложнений (НО) после операций с искусственным кровообращением (ИК) составляет 3%, у больных старше 75 лет достигает 9%, при коррекции клапанных пороков и резекции аневризмы левого желудочка увеличивается до 4–13%. НО после кардиохирургических операций увеличивают сроки госпитализации пациентов в отделении реанимации и интенсивной терапии, стационаре, удлиняют период реабилитации, увеличивают стоимость лечения, являются ведущей причиной инвалидизации [1–3]. НО наиболее часто являются причиной летальности в кардиохирургии, а при развитии тяжелых НО качество жизни ухудшается по сравнению с дооперационным. При развитии инсульта годовичная летальность после кардиохирургических операций значительно возрастает до 15–30% [4, 5]. Частота послеоперационных дефектов когнитивных функций (краткосрочная и долговременная память, концентрация внимания, мыслительная функция) и изменение психики (нарушение сна, депрессии, галлюцинации) достигает 40–90%, а у 12% пациентов нарушения интеллектуальной деятельности сохраняются до 5 лет после операции [6–8]. Повреждение мозга является наиболее частым поводом для успешных жалоб на врачебную ошибку [4]. Результаты и прогнозы терапии длительно поврежденного мозга до сих пор являются неудовлетворительными [9–11].

Цель исследования: выявить факторы риска развития послеоперационных неврологических осложнений (ПОНО) при операциях на сердце с ИК и на этой основе выработать принципы прогнозирования и профилактики НО у кардиохирургических больных.

## Материал и методы

Обследовали 548 пациентов (418 мужчин и 130 женщин) в возрасте  $59 \pm 0,4$  лет, функциональный класс нью-йоркской классификации кардиологов (NYHA)  $3 \pm 0,01$ , оперированных в условиях ИК (длительность ИК —  $98,7 \pm 1,4$  мин., ишемия миокарда —  $62,3 \pm 1,1$  мин.) в 2007–2011 гг. У 72,4% пациентов выполнили аортокоронарное шунтирование (АКШ) в объеме  $3,2 \pm 0,2$  артерий, 17,2% — протезирование клапанов сердца и 10,4% сочетанные оперативные вмешательства (ишемическая болезнь сердца (ИБС) с поражением клапанов и/или с аневризмой левого желудочка и т.д.).

Методика анестезиологического обеспечения: индукция анестезии — Мидазолам —  $0,1 \pm 0,02$  мг/кг, Фентанил —  $7,1 \pm 0,3$

мкг/кг, Рокурониум —  $0,9 \pm 0,03$  мг/кг; поддержание анестезии — Изофлоран/Севофлоран —  $0,4–1,8$  об%/  $0,7–2,4$  об%, Фентанил —  $1,9 \pm 0,3$  мкг/кг/ч, Пропофол по методике ТС1  $1,5 \pm 0,1$  мг/мл во время ИК, Рокурониум —  $0,3 \pm 0,03$  мг/кг/ч.

Методика перфузии: объемная скорость перфузии  $2,4–2,5$  л/мин/м<sup>2</sup>, непульсирующий режим, температурный режим  $35,8–36,7^\circ\text{C}$ . 382 (69,7%) пациентам выполнили кровяную кардиоплегию по методике Калафиори, 100 (18,2%) — кардиоплегию кристаллоидным раствором Консол, 66 (12,1%) пациентам для защиты миокарда использовали внутриклеточный буферный раствор Кустодиол в объеме 2 литра. Первичный объем заполнения аппарата ИК был стандартным — 1500 мл и включал в себя в 2007–2009 гг. препарат гидроксиптилкрахмала Волювен 6% — 500,0, сбалансированный кристаллоидный раствор Стерофундин ИЗО — 750,0, раствор Маннита 10% — 150,0 и раствор  $\text{NaHCO}_3$  5% — 100,0, а в 2009–2011 гг. — сбалансированный коллоидный раствор Тетраспан 6% — 1000,0, раствор Стерофундин ИЗО — 250,0, раствор Маннита 10% — 150,0, раствор  $\text{NaHCO}_3$  5% — 100,0.

Ретроспективно анализировали послеоперационный период, выявили НО различной степени тяжести (табл. 1), выделили 2 группы (гр.) пациентов — 1 гр. — с развитием ПОНО ( $n=59$ ) и 2 гр. — без развития ПОНО ( $n=489$ ).

К НО относили неврологические дисфункции, которые развивались у больных после стандартного анестезиологического пособия, сохраненной почечно-печеночной функции, нормотермии, допустимых значений лабораторных данных.

Всем больным выполнили предоперационное дуплексное исследование брахиоцефальных артерий (БЦА): у 83,7% пациентов выявили стеноз менее 50% или отсутствие стенозов внутренних сонных артерий (ВСА), у 16,3% — стеноз более 50% ВСА.

Всем пациентам проводили стандартный инвазивный мониторинг гемодинамики (параметры центральной гемодинамики измеряли при помощи катетера Свана-Ганса и/или катетера PICCO, аппарат PICCO plus, Германия), мониторинг глубины анестезии, основанный на анализе биспектрального индекса электроэнцефалограммы (ЭЭГ) (аппарат BIS Vista Monitor, США) или основанный на анализе ЭЭГ при воздействии вызванных слуховых потенциалов ААИ, (аппарат Alaris AEP, Германия).

Во всех случаях проводили интраоперационный неинвазивный билатеральный мониторинг церебральной оксигенации (ЦО) кортикального отдела головного мозга в режиме реального времени аппаратом «INVOS» 4100 (Somanetics, США). Методика основана на принципе оптической спектроскопии с применением инфракрасного света с диапазоном от 650 до 1110 нм. Значения представлены в виде индекса  $r\text{SO}_2$ .

Данные анализировали на этапах начала оперативного вмешательства, после введения гепарина, в течение ИК (5, 30, 45, 60 мин ИК), после введения протамина в конце операции. Также анализировали данные пред- и послеоперационного обследования. Статистическую обработку данных проводили при помощи методов параметрической статистики, различия считали достоверными при  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$ .

Таблица 1

Виды неврологических осложнений в послеоперационном периоде

ПОНО ( $n=59$ )	<i>n</i>	%
Замедленное пробуждение, затрудненный контакт, вялость, сонливость, выраженная астенизация в течение 12-18 часов после операции	32	54,2
Судорожный синдром при пробуждении	1	1,7
Возбуждение, неадекватность, психоз	14	23,7
Очевидная когнитивная дисфункция	5	6,8
Преходящее нарушение мозгового кровообращения с очаговой неврологической симптоматикой	2	3,4
ОНМК	6	10,2

**Примечание.** ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; здесь и в табл. 2–3: ПОНО — послеоперационные неврологические осложнения.

Предоперационное состояние больных с ПОНО и без нее ( $M \pm m, p$ )

Показатели, ед. измерения	Значение показателей в группах		
	ПОНО ( $n=59$ )	Без ПОНО ( $n=489$ )	$p$
Возраст, лет	61,95±1,15	59±0,4	<b>0,009</b>
ФК NYHA	2,94±0,01	2,99±0,01	0,8
Масса тела, кг	74,6±1,54	82,8±0,67	<b>0,00003</b>
Рост, см	167,5±0,98	170±0,37	<b>0,01</b>
Площадь поверхности тела, м <sup>2</sup>	1,87±0,02	1,97±0,01	<b>0,00003</b>
Euroscore, балл	5,88±0,57	5±0,21	0,087
Euroscore, риск, %	7,9±2,19	5±0,33	0,1983
Мужчины, %	62,7±6,4	77,9±1,9	<b>&lt;0,05</b>
Женщины, %	37,3±6,4	22,1±1,9	<b>&lt;0,05</b>
ИБС, %	44±6,52	73,71±1,96	<b>&lt;0,05</b>
Пороки клапанов, %	22,1±5,45	17,13±1,68	0,87
Сочетанная патология, %	33,9±6,22	9,2±1,29	<b>&lt;0,05</b>
ФВЛЖ, %	56±1,51	56±0,53	0,85
ТМЖП, см	1,3±0,03	1,3±0,01	0,19
ТЗСЛЖ, см	1,19±0,02	1,2±0,01	0,26
КДО, мл	146,6±7,02	139,4±2,4	0,34
КСО, мл	68,2±4,9	64,1±1,8	0,43
УО, мл	79,3±3,2	75,5±1,1	0,26
Использование ВАБК, %	6,8±3,3	3,7±0,9	0,9
Назначение Левосимендана, %	5,1±2,9	2,9±0,8	0,7
ДО ЦО л., %	64±1,41	70±0,38	<b>0,0002</b>
ДО ЦО пр., %	64,1±1,3	69,5±0,36	<b>0,00003</b>

**Примечание.** ФК NYHA — функциональный класс нью-йоркской классификации кардиологов; ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка; ТМЖП — толщина межжелудочковой перегородки; ТЗСЛЖ — толщина задней стенки левого желудочка; КДО — конечно-диастолический объем левого желудочка; КСО — конечно-систолический объем левого желудочка; УО — ударный объем левого желудочка (данные эхокардиографии); ВАБК — внутриаортальная баллонная контрапульсация; ДО ЦО л. — дооперационные показатели церебральной оксигенации слева; ЦО пр. — дооперационные показатели церебральной оксигенации справа, достоверность отличий при  $p < 0,05, p < 0,01$ .

## Результаты и обсуждение

Первым этапом представленной работы был выполнен анализ предоперационных данных в выделенных группах. При анализе выявили, что пациенты с диагностированной ПОНО были достоверно старше больных без нее. Для больных с ПОНО были характерны значимо меньшие рост и вес, и, соответственно меньшая площадь поверхности тела. В группе с ПОНО отметили достоверно большее количество пациентов женского пола (табл. 2). Пациенты 1-й и 2-й групп не имели достоверных различий в исходной тяжести состояния и риска оперативного вмешательства по данным функционального класса нью-йоркской классификации кардиологов и данным шкалы Euro score. Не выявлено достоверных отличий в исходных показателях состояния сердца, его объемных показателей и насосной функции, оцененных по данным трансторакальной эхокардиографии (табл. 2).

Также в группах не было достоверной разницы в количестве пациентов самой тяжелой категории, которые требовали предоперационной подготовки с применением внутриаортальной баллонной контрапульсации и/или инфузии Левосимендана. При анализе исходных диагнозов, явившихся поводом для оперативного вмешательства, отметили, что у больных с развившейся ПОНО достоверно чаще, чем в группе без ПОНО, поводом для кардиохирургического вмешательства была сочетанная патология и реже — изолированная ИБС (табл. 2).

Отметили значимую разницу в исходных дооперационных значениях ЦО с обеих сторон (ЦО л. и ЦО пр.): у больных с ПОНО показатели были достоверно ниже, чем в группе без ПОНО (табл. 2).

При анализе предоперационных лабораторных показателей выявили статистически значимые различия показателей гемоглобина, общего белка, креатинина, мочевины в группах. Другие лабораторные данные в группах достоверно не отличались (табл. 3).

Выявили статистически значимые различия в группах по выраженности сопутствующей патологии. Так, у пациентов в группе с ПОНО выявлялись статистически значимо чаще стенозы ВСА — более 50%, (28,8±5,95 и 15,3±1,63%,  $p < 0,05$ ) и сопутствующие ДЭП (38,9±6,4 и 19,4±1,8%, соответственно,  $p < 0,05$ ). Частота сопутствующих артериальной гипертензии, сахарного диабета и инсульта в анамнезе статистических отличий между группами не имела.

На этапе анализа особенностей периоперационного периода отметили типичную динамику ЦО в группах и выявили, что показатели ЦО справа достоверно не отличались по сравнению с контралатеральной стороной в каждой группе на всех этапах, разница между показателями слева и справа в каждой группе не превышала 10% (рисунок).

При анализе интраоперационных данных других методов нейромониторинга отметили, что показатели ЭЭГ в виде биспектрального индекса или данных мониторинга слуховых вызванных потенциалов в течение

Предоперационные лабораторные данные ( $M \pm m, p$ )

Показатели, ед. измерения	Значение показателей в группах		
	ПОНО ( $n=59$ )	Без ПОНО ( $n=489$ )	$p$
Нв, г/л	135±2,03	142±0,71	<b>0,0025</b>
Нт, %	40±0,55	41±0,22	0,09
Лейкоциты, $10^9/л$	8±0,32	8±0,11	0,54
Нейтрофилы п/я, %	3±0,18	3±0,09	0,16
общий белок, ммоль/л	73 ±0,93	74,9±0,3	<b>0,026</b>
СОЭ, мм	12±1,72	10±0,37	0,42
Глюкоза, моль/л	6±0,26	5,9±0,06	0,19
Креатинин, моль/л	104,7±3,3	96,3±1,06	<b>0,019</b>
Мочевина, моль/л	7,5±0,4	6,5±0,1	<b>0,019</b>

**Примечание.** Нв – гемоглобин; Нт – гематокрит; Нейтрофилы п/я – нейтрофилы палочкоядерные; СОЭ – скорость оседания эритроцитов,  $p < 0,05, p < 0,01$ .

Таблица 4

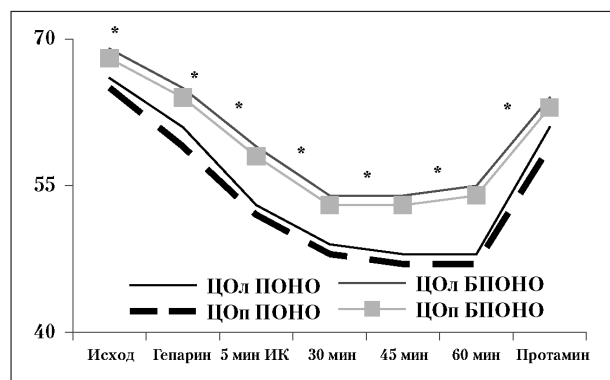
Данные нейромониторинга на этапе до ИК

Показатели, ед. измерения	Значение показателей на этапах исследования в группах					
	начало операции			после введения гепарина		
	1-я	2-я	$p$	1-я	2-я	$p$
ЦО л., %	66,8±1,32	69±0,42	0,13	61,4±1,2	63,93±0,37	<b>0,042</b>
ЦО пр., %	65,2±1,37	68,4±0,39	<b>0,03</b>	59,1±1,12	63,76±0,37	<b>&lt;0,001</b>
% снижения от ДО ЦО л., %	-4,85±2,88	1,2±0,5	<b>0,043</b>	1,5±3,41	7,9±0,6	0,067
% снижения от ДО ЦО пр., %	-2,74±2,28	0,93±0,54	0,12	5,6±2,37	7,5±0,6	0,44
BIS	50,3±5,9	52,7±2,6	0,74	48,8±1,8	49,5±1,95	0,64
AAI	28,19±2,6	26,2±0,7	0,46	19,85±1,7	19,96±0,52	0,95
BS, %	0,8±0,42	0,62±0,21	0,68	0,79±0,4	0,59±0,1	0,62
ЦПД, мм рт. ст.	71,6±2,1	71,3±0,6	0,89	68,1±1,8	67,8±0,5	0,92

**Примечание.** Здесь и в табл. 5: ЦО л. – показатели церебральной оксигенации слева; ЦО пр. – показатели церебральной оксигенации справа; % снижения от ДО ЦО л. – процент снижения показателей ЦО слева от исходных дооперационных значений; % снижения от ДО ЦО пр. – процент снижения показателей ЦО справа от исходных дооперационных значений; BIS – биспектральный индекс ЭЭГ; AAI – индекс слуховых вызванных потенциалов; ЦПД – церебральное перфузионное давление, достоверность отличий при  $p < 0,05, p < 0,01$ .

интраоперационного этапа находились в диапазоне необходимых значений, статистически значимых различий между группами на всех этапах операции не наблюдалось. Показатель Burst Suppression (BS) (общая продолжительность периода тотального угнетения спонтанного электроэнцефалографического сигнала) в течение всего оперативного вмешательства в группах не отличался (табл. 4, табл. 5).

Показатели ЦО имели достоверную разницу между группами в предперфузионном периоде (рисунок, табл. 4). В группе с ПОНО показатели ЦО были значимо ниже, чем в группе без ПОНО (рисунок,



Динамика ЦО в течение операции в обеих группах

Таблица 5

Данные нейромониторинга на этапе после ИК

Показатели, ед. измерения	Значение показателей на этапах исследования					
	начало операции			после введения гепарина		
	1-я гр.	2-я гр.	$p$	1-я гр.	2-я гр.	$p$
ЦО л., %	61,1±1,29	63,8±0,38	0,049	64,9±1,21	67,5±0,52	0,041
ЦО пр., %	59,7±1,2	62,7±0,34	0,02	62,1±1,5	65±0,6	0,032
% снижения от ДО ЦО л., %	3,57±2,8	7,13±1,4	0,3	3,2±2,9	6,4±1,1	0,21
% снижения от ДО ЦО пр., %	6,58±2,18	8,9±0,6	0,3	6,2±2,4	7,5±0,8	0,29
BIS	37,4±4,3	41,1±1,4	0,45	37,3±4,4	41,2±1,5	0,42
AAI	32,14±3,7	26,3±0,9	0,13	32,12±3,7	26,1±0,9	0,127
BS, %	2±0,65	0,76±0,1	0,07	2±0,65	0,76±0,1	0,07
ЦПД, мм рт. ст.	63,6±1,6	67,4±0,5	0,02	63,6±1,6	67,4±0,5	0,02



табл. 3). Расчетные значения церебрального перфузионного давления (ЦПД) в период до ИК находились в пределах нормальных значений и не отличались между группами (табл. 4).

Использовали вариант анализа снижения ЦО в течение операции в сравнении с дооперационными показателями, принятыми за 100%. В период ИК снижение церебральной оксигенации в обеих группах относительно исходных значений к 30–40 минутам ИК являлось типичным с последующим восстановлением к концу операции практически до исходных значений. Однако показатели церебральной оксиметрии имели достоверную разницу между группами на всех этапах исследования в период ИК, оставаясь более низкими в группе с ПОНО (рисунок).

На начальном этапе ИК в обеих группах значения ЦПД были несколько снижены в обеих группах без значимых различий, к 30–60 минуте ИК показатели вернулись к нормальным значениям в обеих группах, и отмечалась тенденция, не достигающая статистической значимости, к более высоким значениям в 1-й группе.

Показатели ЦО имели достоверную разницу между группами также и в постперфузионном периоде (см. рисунок, табл. 5). При анализе снижения ЦО в процентах от исходных значений, принятых за 100%, в постперфузионном периоде достоверных отличий не выявили. Показатели ЦО к этапу «конец операции» увеличились, но не вернулись полностью к исходным значениям.

Выявили разницу в значениях ЦПД в период после ИК, так, в группе ПОНО этот показатель был значимо ниже, чем во 2-й группе в течение всего постперфузионного периода (табл. 5).

При анализе гемодинамических показателей предперфузионного периода не выявили значимых различий между группами в показателях артериального давления (АД), центрального венозного давления (ЦВД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), индекса внесосудистой воды легких (ИВСВЛ), глобальной фракции изгнания (ГФИ) и индексе глобального конечно-диастолического объема (ИГКДО).

Выявили достоверные отличия в данных сердечного индекса (СИ) в предперфузионном периоде, он был значимо ниже в 1-й группе (на этапе начала операции –  $2,3 \pm 0,1$  и  $2,5 \pm 0,03$  л/мин/м<sup>2</sup>,  $p < 0,01$ , на этапе введения гепарина –  $2,4 \pm 0,05$  и  $2,62 \pm 0,03$  л/мин/м<sup>2</sup>,  $p < 0,001$  – соответственно).

Различия показателей АД, ЦВД и ЧСС не имели статистической значимости между группами в предперфузионный период. На этапе ИК показатели перфузионного давления и ЦВД статистически не отличались в обеих группах, отмечалась тенденция к более высоким цифрам среднего артериального давления (АДср.) в 1-й группе.

При анализе гемодинамических показателей постперфузионного периода выявили значимые различия между группами в показателях АДср., которое, оставаясь в пределах нормальных значений в обеих груп-

Таблица 6

Показатели газового состава крови и параметры транспорта кислорода

Показатели, ед. измерения	Значение показателей на этапах исследования в группах											
	Начало операции			После введения гепарина								
	1-я	2-я	p	1-я	2-я	p						
НЬ, г/л Ht, % IDO <sub>2</sub> , мл/м <sup>2</sup> IVO <sub>2</sub> , мл/м <sup>2</sup>	125,3±1,7	131,3±0,7	<0,001	125,9±2	131,9±0,7	0,006	97,11±1,8	103,8±0,66	0,001	98,2±1,7	105±0,86	0,001
	37,1±0,6	39,2 ± 0,2	0,002	37,7±0,7	39,41±0,2	0,019	28,9±0,7	30,7±0,21	0,018	31±0,4	32,7±0,21	0,018
	384,4±10,6	436,4±6,1	<0,001	402,5±9,8	459,62±6,5	<0,001	386,7±12	473,8±6,5	<0,001	399,4±8,1	475,9±6,5	<0,001
	101,4±4,4	111±2	0,048	94,1±4,6	104,5±2,3	0,046	80,4±4,8	107,8±2,6	<0,001	82,69±4,4	108,02±2,2	<0,001
НЬ, г/л Ht, % IDO <sub>2</sub> , мл/м <sup>2</sup> IVO <sub>2</sub> , мл/м <sup>2</sup> PCO <sub>2a</sub> , мм рт. ст.	83,9±1,68	90,24±0,7	<0,001	86,7±1,6	91,4±0,6	0,008	89,44±1,8	93,75±1,11	0,05	87,6±2,2	93,7±0,6	0,012
	24,5±0,6	26,6±0,2	<0,001	25,6±0,55	26,9±0,19	0,027	26,59±0,8	27,52±0,34	0,29	25,7±0,7	27,6±0,2	0,016
	282±5,6	303,6±2,3	<0,001	290,7±5,2	306,4±2	0,006	301,1±6,2	314,8±3,8	0,062	294,5±7,4	314,3±2	0,014
	51,91±2,1	59,8±1,1	<0,001	68,3±2,25	71,4±1,05	0,21	69,4±3,5	67,6±2,3	0,67	70,9±3,6	78,1±1,4	0,067
	27,5±0,7	28,2±0,21	0,324	26,1±0,52	26,99±0,2	0,1	25,1±0,67	27,58±0,41	0,003	25,2±0,68	26,7±0,2	0,048

**Примечание.** НЬ – гемоглобин; Ht – гематокрит; IDO<sub>2</sub> – индексированная доставка кислорода; IVO<sub>2</sub> – индексированное потребление кислорода; PCO<sub>2a</sub> – парциальное давление углекислоты в артериальной крови, достоверность отличий при  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ .

пах, тем не менее было ниже в группе ПОНО  $72,3 \pm 1,4$  и  $76,4 \pm 0,47$  мм рт.ст., соответственно,  $p=0,007$ . Также отметили достоверно более высокое ЧСС в 1-й группе, по сравнению со 2-й ( $92,65 \pm 1,5$  и  $88,16 \pm 0,49$  мин<sup>-1</sup> соответственно,  $p=0,007$ ). Показатели ЦВД, СИ, ИВСВД, ГФИ, ИГКДОЮ в постперфузионном периоде между группами достоверно не отличались.

В предперфузионном периоде дозировки допамина в группах не отличались.

При анализе режимов назначения катехоламинов в постперфузионном периоде выявили, что пациентам 1-й группы достоверно чаще ( $33,9 \pm 6,2$  и  $20,5 \pm 1,8\%$ ,  $p<0,05$ ) и в больших, чем во 2-й группе, дозировках ( $0,02 \pm 0,001$  и  $0,01 \pm 0,003$  мкг/кг/мин,  $p<0,05$ , соответственно) назначали адреналин. Дозы адреналина при этом были минимальными в обеих группах. При этом дозы и частота назначения непрямых катехоламинов и добутамина в группах не отличались.

При анализе лабораторных показателей выявили высокосignificantную достоверную разницу в показателях гемоглобина и гематокрита в группах на всех этапах операции. Показатели находились в пределах нормальных значений, однако в 1-й группе показатели были значимо ниже, чем во 2-й. Степень гемодилюции была выраженной в начале ИК и сохранялась до 30 минуты ИК (табл. 6).

При анализе детерминант транспорта кислорода выявили, что на протяжении всего оперативного вмешательства показатели индексированной доставки кислорода ( $DO_2I$ ) значимо отличались в группах и были ниже в 1-й группе (см. табл. 6).

Значения индексированного потребления кислорода ( $VO_2I$ ) были достоверно ниже в 1-й группе на этапах в начале операции, в начале ИК и в конце операции по сравнению со 2-й группой. Коэффициент утилизации кислорода ( $KYO_2$ ) на всех этапах находился в пределах нормальных значений и не отличался между группами. Индекс оксигенации на всех этапах операции находился в пределах нормальных значений и не имел значимых отличий между группами.

При анализе показателей газового состава крови выявили, что такие показатели, как  $PO_2a$ ,  $PO_2v$ ,  $PCO_2v$ ,  $SatO_2a$ ,  $SatO_2v$ , на всех этапах операции и  $PCO_2a$  в пред-, постперфузионном периодах, а также в первой половине ИК находились в диапазоне нормальных значений и не отличались между группами (см. табл. 6). На 45 минуте ИК выявили достоверную разницу в показателях насыщения артериальной крови углекислотой. В 1-й группе отметили более низкие значения  $PCO_2a$ , гипокапния в 1-й группе сохранялась до конца ИК (см. табл. 6).

Центральная и периферическая температуры на протяжении оперативного вмешательства в группах значимо не отличались и соответствовали типичному температурному профилю операций в условиях нормотермического ИК.

При анализе показателей КЩС отметили, что значения дефицита оснований (ВЕ), электролитов натрия и калия находились в пределах нормы, и статистически

не отличались в группах на всех этапах операции. Показатели рН венозной крови также находились в пределах нормальных значений, не выявлялось значимой разницы между группами на всех этапах операции, отметили тенденцию к метаболическому алкалозу к 60 минутам ИК в обеих группах. Показатели лактата на этапе до перфузии, а также во время ИК находились в пределах нормальных значений, однако в конце ИК и постперфузионном периоде в 1-й группе значения лактата увеличивались по сравнению со 2-й группой, хотя разница не достигала степени статистической достоверности. Показатели глюкозы не имели статистических различий в группах, отмечалась тенденция к постепенному увеличению показателей глюкозы во время всей операции в обеих группах, достигая значений  $10-11$  ммоль/л к 45 минуте ИК и сохраняясь в этих пределах до конца операции.

При анализе использования компонентов общей анестезии выявили отсутствие различий в группах по использованию мидазолама, фентанила во время индукции анестезии, а также фентанила, ингаляционных анестетиков севофлурана или изофлурана для поддержания анестезии в до- и послеперфузионном периодах и пропофола для поддержания анестезии во время ИК, миорелаксанта рокурониума для поддержания нервно-мышечного блока во время операции.

В различных литературных источниках, в работах, посвященных проблеме послеоперационных энцефалопатий в кардиохирургии, были предложены разнообразные модели анализа ПОНО и подходы к их профилактике. Анализ предикторов ПОНО и его результаты в работах во многом различаются, хотя выделить общие тенденции не представляется затруднительным [1, 11].

Так, фактор сниженного уровня показателей красной крови как в предоперационном периоде, так и в течение искусственного кровообращения, расценивают как значимый во многих работах [3, 12–15]. Karkouti K. с соавт. [16] считает низкий гематокрит во время ИК независимым прогнозирующим маркером неврологических осложнений. По нашим данным, уровень гемоглобина, безусловно, является одним из самых значительных предикторов ПОНО, что становится особенно важным для пациентов с меньшей площадью поверхности тела, так как уже объем первичного заполнения аппарата ИК для таких больных может явиться причиной выраженной гемодилюции во время ИК.

То, что кардиотомия сама по себе является фактором риска ПОНО, так как увеличивает риск эмболизации, является общепризнанным фактом [4, 5, 17]. По данным нашего исследования, достоверное увеличение количества ПОНО было отмечено у пациентов с комбинированной патологией, а при изолированной коррекции клапанной патологии увеличение ПОНО не отметили. То есть развитие ПОНО зависело не от самого факта кардиотомии, а от объема оперативного вмешательства в сочетании с кардиотомией. Возможно, при тщательном соблюдении протокола профилактики воз-

душной и материальной эмболии и использовании инсультной углекислого газа в рану на этапе открытого сердца, сам факт кардиотомии становится менее значимым для развития ПОНО.

Влияние пола на развитие неврологических осложнений после ИК дискутируется в литературе, так, некоторые авторы описывают более высокий риск развития ПОНО у женщин, что подтвердили и данные нашего исследования, тогда как другие исследователи констатируют отсутствие гендерной разницы [18, 19]. По некоторым данным, к факторам риска делирия относят, напротив, мужской пол и зависимость от алкоголя и психотропных веществ [7]. Во многих исследованиях возраст выделяется основным фактором риска развития инсульта и нейрокогнитивных нарушений, именно в группе пациентов старше 70 лет заметно чаще развиваются разнообразные церебральные осложнения [20, 21, 22]. В нашем исследовании влияние возраста на развитие ПОНО также было подтверждено.

Безусловно, влияющим на функцию всех органов фактором является состояние кислородно-транспортной функции крови, однако ее детерминанты рутинно не рассчитывают в клинической практике и снижение доставки кислорода на некоторых этапах может проходить незамеченным при пограничных значениях ее детерминант. Снижение ЦО может явиться маркером снижения доставки кислорода и потребовать поиска путей ее коррекции [4, 6, 12, 20, 23–25].

Мы в своем исследовании выявили, что на протяжении всего оперативного вмешательства показатели  $DO_2I$  были ниже у больных ПОНО, хотя формально оставались в пределах нормы.

Предполагается, что перфузионное давление во время ИК влияет на церебральное кровообращение и должно иметь значение в развитии неврологических осложнений. При этом большинство авторов полагают, что АД ср. во время ИК не первичный фактор в развитии неврологических осложнений. Однако с увеличением возраста, наличием атероматоза аорты и инсультов в анамнезе, поддержание более высокого АД ср. во время ИК улучшает результаты [20, 21, 23, 25–28]. Нужно отметить, что выбор коридора АД в течение операции, оптимальный для конкретного больного, должен быть установлен анестезиологом с учетом многих клинических данных, начиная от анамнеза, длительности артериальной гипертензии, состояния миокарда, интраоперационного темпа диуреза, параметров центральной гемодинамики и т.д., но также с учетом данных церебральной оксигенации. Безусловно, она может являться определенным интегральным маркером достаточности кровотока в головном мозге (ГМ), более того, с учетом его ауторегуляции, прямая оценка которой в условиях операционной представляется невозможной [3, 22].

В многочисленных исследованиях сообщается об уменьшении неврологических осложнений и длительности пребывания в стационаре благодаря целевой коррекции снижения ЦО. Murkin J. M. с соавт. [3, 29] сообщили о том, что вмешательства в период ИК, ориентированные

на поддержание нормальных значений ЦО — увеличение АД ср., объема перфузии,  $PCO_2$ ,  $FiO_2$ , коррекция температуры, гемотрансфузии, привели к существенному уменьшению летальности, количества ПОНО, а также инфаркта миокарда, ОПН, сокращению длительности искусственной вентиляции легких.

Достоверным признаком возможного развития ПОНО после кардиохирургических операций явилось снижение ЦО как в предоперационном, так и в интраоперационном периоде, что подтверждают данные многих исследований [2–4, 6, 10, 12, 20, 23–26, 29, 30]. Более того, исходно сниженные значения ЦО и прирост их более 10% на этапе начала операции, возможно, свидетельствует о наличии кислородной задолженности ГМ.

Одним из основных факторов риска развития инсульта после сердечной хирургии является наличие сопутствующей церебрально-васкулярной болезни и атеросклеротического поражения аорты. По многочисленным данным, более чем у 50% пациентов, которым выполняются операции АКШ, имеются сопутствующие внутричерепные или экстракраниальные поражения сосудов, которые увеличивают риск развития ПОНО в несколько раз [2, 3, 5, 8, 31]. По нашим данным, наличие сопутствующих верифицированных дисциркуляторных энцефалопатий в предоперационном периоде, а также стенозов ВСА более 50%, достоверно увеличивает частоту развития ПОНО.

В некоторых работах авторы отмечают влияние исходно повышенных показателей азотистого обмена на развитие ПОНО, что явилось созвучным нашим данным [17, 23, 32]. Мы не встретили в литературе данных о влиянии уровня белка на церебральную дисфункцию в послеоперационном периоде, хотя механизм возможного влияния гипопропротеинемии на ПОНО представляется достаточно ясным, и может быть связан со снижением онкотического давления и умеренным усилением интерстициального отека ГМ.

Влияние больших доз симпатомиметиков на развитие ПОНО может быть объяснено как наличием сердечно-сосудистой недостаточности, потребовавшей их введения, так и прямым действием препаратов на состояние микроциркуляции [9, 33].

Значимым фактором, влияющим на ГМ, является уровень  $PCO_2$ . В церебральных артериях с нормальной реактивностью гиперкапния приводит к увеличению  $tSO_2$  за счет локальной вазодилатации и увеличения кровотока. Выраженная гипокания во время ИК может быть причиной повреждения ГМ [15, 29, 34].

## Выводы

1. Дооперационными факторами риска ПОНО являются: женский пол, сочетанная патология (ИБС с поражением клапанов и/или с аневризмой левого желудочка), исходно сниженный уровень гемоглобина, что является особенно значимым для пациентов с меньшей площадью поверхности тела, низкий уровень общего белка и более высокие показатели креатинина и моче-

вины, а также наличие сопутствующих дисциркуляторных энцефалопатий и стенозов ВСА более 50%.

2. Достоверным предиктором развития ПОНО после кардиохирургических операций явились сниженные значения ЦО как в предоперационном, так и в интраоперационном периоде.

- Hiratzka L. F., Bakris G. L., Beckman J. A., Bersin R. M., Carr V. F., Casey D. E. Jr., Eagle K. A., Hermann L. K., Isselbacher E. M., Kazerooni E. A., Kouchoukos N. T., Lytle B. W., Milewicz D. M., Reich D. L., Sen S., Shinn J. A., Svensson L. G., Williams D. M. Guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease: Executive summary: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Anesth. Analg.* 2010; 111 (2): 279–315.
- Murkin J. M. Preoperative detection of brain oxygenation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2004; 8 (1): 13–14.
- Murkin J. M., Adams S. J., Novick R. J., Quantz M., Bainbridge D., Iglesias I., Cleland A., Schaefer B., Irwin B., Fox S. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesth. Analg.* 2007; 104 (1): 51–58.
- Kellermann K., Jungwirth B. Avoiding stroke during cardiac surgery. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2010; 14 (2): 95–101.
- Шевченко Ю. Л., Гороховатский Ю. И., Азизова О. А., Замятин М. Н. Системный воспалительный ответ при экстремальной хирургической агрессии. М.: РАЕН; 2009: 273.
- de Tournay-Jetté E., Dupuis G., Bherer L., Deschamps A., Cartier R., Denault A. 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; 25 (1): 95–104.
- Иванов С. В. Психические расстройства, связанные с хирургическими вмешательствами на открытом сердце. *Психиатрия и психофармакотерапия.* 2005; 7 (3): 4–8.
- Мозалев А. С. Мозговой кровоток и когнитивные расстройства при операциях на сердце: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2009. 25.
- Мороз В. В., Корниченко А. Н., Мозалев А. С., Парфенюк А. В., Шахмаева С. В. Проблема повреждения головного мозга при кардиохирургических вмешательствах в условиях искусственного кровообращения. *Общая реаниматология.* 2008; 4 (4): 16–20.
- Denault A., Deschamps A., Murkin J. M. A proposed algorithm for the intraoperative use of cerebral NIRS. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2007; 11 (4): 274–281.
- Carrascal Y., Guerrero A. L. Neurological damage related to cardiac surgery: pathophysiology, diagnostic tools and prevention strategies. Using actual knowledge for planning the future. *Neurologist.* 2010; 16 (3): 152–164.
- Edmonds H. L. Jr. Pro: all cardiac surgical patients should have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2006; 20 (3): 445–449.
- Kishi K., Kawaguchi M., Yoshitani K., Nagahata T., Furuya H. Influence of patient variables and sensor location on regional cerebral oxygen saturation measured by INVOS 4100 near-infrared spectrophotometers. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* 2003; 15 (4): 302–306.
- Yoshitani K., Kawaguchi M., Miura N., Okuno T., Kanoda T., Ohnishi Y., Kuro M. Effects of hemoglobin concentration, skull thickness, and the area of the cerebrospinal fluid layer on near-infrared spectroscopy measurements. *Anesthesiology.* 2007; 106 (3): 458–462.
- Шенелюк А. Н., Клыта Т. В., Никуфоров Ю. В. Церебральная оксиметрия для прогнозирования неврологической дисфункции у кардиохирургических пациентов. *Общая реаниматология.* 2011; 7 (1): 48–54.
- Karkouti K., Djaiani G., Borger M. A., Beattie W. S., Fedorko L., Wijeyesundera 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.
- Edmonds H. L. Jr. Emboli and renal dysfunction in CABG patients. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2004; 18 (5): 545–547.
- Hogue C. W. Jr., De Wet C. J., Schechtman K. B., Dávila-Román V. G. The importance of prior stroke for the adjusted risk of neurologic injury after cardiac surgery for women and men. *Anesthesiology.* 2003; 98 (4): 823–829.

3. У пациентов группы риска следует избегать снижения перфузионного давления, детерминант доставки кислорода и гипоксии в течение оперативного вмешательства.

- Hogue C. W., Lillie R., Hershey T., Birge S., Nassief A. M., Thomas B., Freedland K. E. Gender influence on cognitive function after cardiac operation. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 76 (4): 1119–1125.
- Goldman S., Sutter F., Ferdinand F., Trace C. Optimizing intraoperative cerebral oxygen delivery using noninvasive cerebral oximetry decreases the incidence of stroke for cardiac surgical patients. *Heart Surg. Forum.* 2004; 7 (5): E376–E381.
- Grocott H. P., Tran T. Aortic atheroma and adverse cerebral outcome: risk, diagnosis, and management options. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2010; 14 (2): 86–94.
- Burkhardt C. S., Rossi A., Dell-Kuster S., Gamberini M., Möckli A., Siegemund M., Czosnyka M., Strebel S. P., Steiner L. A. Effect of age on intraoperative cerebrovascular autoregulation and near-infrared spectroscopy-derived cerebral oxygenation. *Br. J. Anaesth.* 2011; 107 (5): 742–748.
- Dunham C. M., Ransom K. J., Flowers L. L., Siegel J. D., Kohli C. M. Cerebral hypoxia in severely brain-injured patients is associated with admission Glasgow Coma Scale score, computed tomographic severity, cerebral perfusion pressure, and survival. *J. Trauma.* 2004; 56 (3): 482–489.
- Edmonds H. L. Jr. Protective effect of neuromonitoring during cardiac surgery. *Ann. NY. Acad. Sci.* 2005; 1053: 12–19.
- Faulkner J. T., Hartley M., Tang A. Using cerebral oximetry to prevent adverse outcomes during cardiac surgery. *Perfusion.* 2011; 26 (2): 79–81.
- Moerman A., Wouters P. Near-infrared spectroscopy (NIRS) monitoring in contemporary anesthesia and critical care. *Acta Anaesthesiol. Belg.* 2010; 61 (4): 185–194.
- Hamada H., Nakagawa I., Uesugi F., Kubo T., Hiramatsu T., Kai T., Hidaka S., Hamaguchi K. Effects of perfusion pressure on cerebral blood flow and oxygenation during normothermic cardiopulmonary bypass. *Masui.* 2004; 53 (7): 744–752.
- Murphy G. S., Hessel E. A., Groom R. C. Optimal perfusion during cardiopulmonary bypass: An evidence-based approach. *Anesth. Analg.* 2009; 108 (5): 1394–1417.
- 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.
- Murkin J. M., Adams S. J., Pardy E., Quantz M., McKenzie F. N., Guo L. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery improves outcomes in diabetic patients: a post hoc analysis. *Heart Surg. Forum.* 2011; 14 (1): E1–E6.
- Punn T. M., Punn E. G., Мордовин В. Ф. Оценка цереброваскулярного резерва. *Общая реаниматология.* 2010; 6 (6): 39–44.
- Pillai J. B., Suri R. M. Coronary artery surgery and extracorporeal circulation: The search for a new standard. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2008; 22 (4): 594–610.
- Мороз В. В., Салмина А. Б., Фурсов А. А., Михуткина С. В., Лунев К. А., Шахмаева С. В. Новые аспекты развития системной воспалительной реакции после аортокоронарного шунтирования. *Общая реаниматология.* 2008; 4 (6): 5–8.
- Park C. S., Kwak J. G., Lee C., Lee C. H., Lee S. K., Kim Y. L. Near-infrared spectroscopy as a possible device for continuous monitoring of arterial carbon dioxide tension during cardiac surgery. *Perfusion.* 2011; 26 (6): 524–528.

## References

- Hiratzka L. F., Bakris G. L., Beckman J. A., Bersin R. M., Carr V. F., Casey D. E. Jr., Eagle K. A., Hermann L. K., Isselbacher E. M., Kazerooni E. A., Kouchoukos N. T., Lytle B. W., Milewicz D. M., Reich D. L., Sen S., Shinn J. A., Svensson L. G., Williams D. M. Guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease: Executive summary: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Anesth. Analg.* 2010; 111 (2): 279–315.
- Murkin J. M. Preoperative detection of brain oxygenation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2004; 8 (1): 13–14.



3. Murkin J. M., Adams S. J., Novick R. J., Quantz M., Bainbridge D., Iglesias I., Cleland A., Schaefer B., Irwin B., Fox S. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesth. Analg.* 2007; 104 (1): 51–58.
4. Kellermann K., Jungwirth B. Avoiding stroke during cardiac surgery. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2010; 14 (2): 95–101.
5. Shevchenko Yu. L., Gorokhovatskiy Yu. I., Azizova O. A., Zamyatin M. N. Sistemnyy vospalitelnyy otvet pri ekstremalnoy khirurgicheskoy agres-sii. [Systemic inflammatory response in extremal surgical aggression]. Moscow: RAEN; 2009: 273. [In Russ.]
6. de Tournay-Jetté E., Dupuis G., Bherer L., Deschamps A., Cartier R., Denault A. 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; 25 (1): 95–104.
7. Ivanov S. V. Psikhicheskie rasstroistva, svyazannye s khirurgicheskimi vmeshatelstvami na otkrytom serdtse. [Mental disorders associated with open heart surgery]. *Psikhiatriya i Psikhofarmakoterapiya.* 2005; 7 (3): 4–8. [In Russ.]
8. Mozalev A. S. Mozgovoy krovotok i kognitivnye rasstroistva pri operatsiyakh na serdtse: avto-ref. dis. ... kand. med. nauk. [Cerebral blood flow and cognitive disorders during cardiac surgery: Abstract of Cand. Med. Sci. Dissertation]. Moscow, 2009. 25. [In Russ.]
9. Moroz V. V., Korniyenko A. N., Mozalev A. S., Parfenyuk A. V., Shakhmayeva S. V. Problema povrezhdeniya golovnogo mozga pri kardiokhirurgicheskikh vmeshatelstvakh v usloviyakh iskusstvennogo krovoobrashcheniya. [Problem of brain injury during cardiocirculatory interventions under extracorporeal circulation]. *Obshchaya Reanimatologiya.* 2008; 4 (4): 16–20. [In Russ.]
10. Denault A., Deschamps A., Murkin J. M. A proposed algorithm for the intraoperative use of cerebral NIRS. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2007; 11 (4): 274–281.
11. Carrascal Y., Guerrero A. L. Neurological damage related to cardiac surgery: pathophysiology, diagnostic tools and prevention strategies. Using actual knowledge for planning the future. *Neurologist.* 2010; 16 (3): 152–164.
12. Edmonds H. L. Jr. Pro: all cardiac surgical patients should have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2006; 20 (3): 445–449.
13. Kishi K., Kawaguchi M., Yoshitani K., Nagahata T., Furuya H. Influence of patient variables and sensor location on regional cerebral oxygen saturation measured by INVOS 4100 near-infrared spectrophotometers. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* 2003; 15 (4): 302–306.
14. Yoshitani K., Kawaguchi M., Miura N., Okuno T., Kanoda T., Ohnishi Y., Kuro M. Effects of hemoglobin concentration, skull thickness, and the area of the cerebrospinal fluid layer on near-infrared spectroscopy measurements. *Anesthesiology.* 2007; 106 (3): 458–462.
15. Shepelyuk A. N., Klypa T. V., Nikiforov Yu. V. Tserebralnaya oksimetriya dlya prognozirovaniya neurologicheskoy disfunktsii u kardiokhirurgicheskikh patsientov. [Cerebral oximetry for the prediction of neurological dysfunction in cardiocirculatory patients]. *Obshchaya Reanimatologiya.* 2011; 7 (1): 48–54. [In Russ.]
16. Karkouti K., Djaiani G., Borger M. A., Beattie W. S., Fedorko L., Wijeyesundera 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.
17. Edmonds H. L. Jr. Emboli and renal dysfunction in CABG patients. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2004; 18 (5): 545–547.
18. Hogue C. W. Jr., De Wet C. J., Schechtman K. B., Dávila-Román V. G. The importance of prior stroke for the adjusted risk of neurological injury after cardiac surgery for women and men. *Anesthesiology.* 2003; 98 (4): 823–829.
19. Hogue C. W., Lillie R., Hershey T., Birge S., Nassief A. M., Thomas B., Freedland K. E. Gender influence on cognitive function after cardiac operation. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 76 (4): 1119–1125.
20. Goldman S., Sutter F., Ferdinand F., Trace C. Optimizing intraoperative cerebral oxygen delivery using noninvasive cerebral oximetry decreases the incidence of stroke for cardiac surgical patients. *Heart Surg. Forum.* 2004; 7 (5): E376–E381.
21. Grocott H. P., Tran T. Aortic atheroma and adverse cerebral outcome: risk, diagnosis, and management options. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2010; 14 (2): 86–94.
22. Burkhart C. S., Rossi A., Dell-Kuster S., Gamberini M., Möckli A., Siegemund M., Czosnyka M., Strebel S. P., Steiner L. A. Effect of age on intraoperative cerebrovascular autoregulation and near-infrared spectroscopy-derived cerebral oxygenation. *Br. J. Anaesth.* 2011; 107 (5): 742–748.
23. Dunham C. M., Ransom K. J., Flowers L. L., Siegel J. D., Kohli C. M. Cerebral hypoxia in severely brain-injured patients is associated with admission Glasgow Coma Scale score, computed tomographic severity, cerebral perfusion pressure, and survival. *J. Trauma.* 2004; 56 (3): 482–489.
24. Edmonds H. L. Jr. Protective effect of neuromonitoring during cardiac surgery. *Ann. NY. Acad. Sci.* 2005; 1053: 12–19.
25. Faulkner J. T., Hartley M., Tang A. Using cerebral oximetry to prevent adverse outcomes during cardiac surgery. *Perfusion.* 2011; 26 (2): 79–81.
26. Moerman A., Wouters P. Near-infrared spectroscopy (NIRS) monitoring in contemporary anesthesia and critical care. *Acta Anaesthesiol. Belg.* 2010; 61 (4): 185–194.
27. Hamada H., Nakagawa I., Uesugi F., Kubo T., Hiramatsu T., Kai T., Hidaka S., Hamaguchi K. Effects of perfusion pressure on cerebral blood flow and oxygenation during normothermic cardiopulmonary bypass. *Masui.* 2004; 53 (7): 744–752.
28. Murphy G. S., Hessel E. A., Groom R. C. Optimal perfusion during cardiopulmonary bypass: An evidence-based approach. *Anesth. Analg.* 2009; 108 (5): 1394–1417.
29. 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.
30. Murkin J. M., Adams S. J., Pardy E., Quantz M., McKenzie F. N., Guo L. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery improves outcomes in diabetic patients: a post hoc analysis. *Heart Surg. Forum.* 2011; 14 (1): E1–E6.
31. Ripp T. M., Ripp E. G., Mordovin V. F. Otsenka tserebrovaskulyarnogo rezerva. [Cerebrovascular reserve estimation]. *Obshchaya Reanimatologiya.* 2010; 6 (6): 39–44. [In Russ.]
32. Pillai J. B., Suri R. M. Coronary artery surgery and extracorporeal circulation: The search for a new standard. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2008; 22 (4): 594–610.
33. Moroz V. V., Salmina A. B., Fursov A. A., Mikhutkina S. V., Linev K. A., Shakhmaeva S. V. Novye aspekty razvitiya sistemnoy vospalitelnoy reaktsii posle aortokoronarnogo shuntirovaniya. [Development of systemic inflammatory reaction after aortocoronary bypass surgery: New aspects]. *Obshchaya Reanimatologiya.* 2008; 4 (6): 5–8. [In Russ.]
34. Park C. S., Kwak J. G., Lee C., Lee C. H., Lee S. K., Kim Y. L. Near-infrared spectroscopy as a possible device for continuous monitoring of arterial carbon dioxide tension during cardiac surgery. *Perfusion.* 2011; 26 (6): 524–528.

Поступила 25.06.12