

Рис. 5. Прирост лактата за время пережатия аорты в 1-й и 2-й группах.

мнению, это связано с началом согревания во 2-й группе. При этом происходит улучшение М (рост показателя М), но происходит и усиление метаболизма, причем увеличение метаболизма происходит быстрее, чем восстановление кровообращения по микроциркуляторному руслу, следствием чего и появляется значительное увеличение  $P_{g-a}CO_2$  и уровня лактата к концу пережатия аорты во 2-й группе (рис. 5). Это свидетельствует, что переход от гипо- к нормотермии очень опасен в отношении состояния перфузии кишечника.

#### ВЫВОДЫ

1. Гипотермический режим перфузии оказывает более выраженное отрицательное действие на состояние мезентериального кровообращения, чем нормотермическая перфузия.
2. При гипотермическом искусственном кровообращении наиболее выраженное нарушение перфузии кишечника отмечается во время периода согревания.

3. Основным механизмом ухудшения мезентериальной перфузии при гипотермии является снижение кровообращения по микроциркуляторному руслу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Boldt J., Piper S., Murray P. Severe lactic acidosis after cardiac surgery: sign of perfusion deficits? J. Cardiothorac. Vasc. Anesth. 1999; 13 (2): 220—4.
2. Цветков Д. С. Влияние глутамина на функциональное состояние кишечника у больных в критическом состоянии. Общая реаниматология. 2009; 5 (3): 74—81.
3. Gutierrez G., Palizas F., Dolgio G. et al. Gastric intramucosal pH as a therapeutic index of tissue oxygenation in critically ill patients. Lancet. 1992; 339: 195—9.
4. Lipman T. Bacterial translocation and enteral nutrition in humans: an outsider looks in. Parenter. Enter. Nutr. 1995; 19: 156—65.
5. Rombeau J., Takala J. Summary of round table conference: gut dysfunction in critical illness. Int. Care Med. 1997; 23: 476—9.
6. Ефименко Н. А., Шестопалов М. В., Лысенко С. Г. Специальные нутрицевтики в лечении синдрома кишечной недостаточности у больных перитонитом. Вестник интенсивной терапии. 2005;
7. Doig C. J., Sutherland J. D., Sandham J. D. et al. Increased intestinal permeability is associated with the development of multiple organ dysfunction syndrome in critically ill ICU patients. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1998; 158: 444—51.
8. Moore F. A. The role of the gastrointestinal tract in postinjury multiple organ failure. Am. J. Surg. 1999; 178: 449—53.
9. Deitch E. A. Bacterial translocation or lymphatic drainage of toxic products from the gut. What is important in human beings? Surgery. 2002; 131: 241—4.
10. Deith E. Role of the gut lymphatic system in multiple organ failure. Crit. Care. 2001; 7: 92—8.
11. Kolkman J., Otte J., Groeneveld B. Gastrointestinal luminal  $PgCO_2$  tonometry: an update on physiology, methodology and clinical applications. Br. J. Anaesth. 2000; 84: 74—86.

Поступила 10.12.12

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013  
УДК 616.12-089.166-07: 616-008.92.21

Б. А. Аксельрод, И. А. Толстова, Д. А. Гуськов

### МОНИТОРИНГ ТКАНЕВОЙ ОКСИГЕНАЦИИ ВО ВРЕМЯ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

ФГБУ Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского РАМН, Москва

*Цель исследования.* Изучить динамику показателей тканевой оксиметрии у пациентов с различным исходным уровнем тканевой оксигенации и проанализировать связь показателей тканевой оксигенации с особенностями течения периоперационного периода.

*Материал и методы.* В исследование были включены 92 пациента, которым выполнялись операции реваскуляризации миокарда или операции протезирования клапанов сердца в условиях ИК. У всех пациентов осуществлялся мониторинг регионарной оксигенации с помощью лазерного тканевого оксиметра FORE-SIGHT™. Датчики прибора располагались в проекции правого полушария и на правом предплечье. Показатели тканевой оксигенации ( $StO_2$ , %) и церебральной оксигенации ( $SctO_2$ , %) анализировали перед началом анестезии, перед ИК, на 45-й минуте ИК и в конце операции. На этих же этапах проводилась стандартизованная по времени (3 мин) проба с артериальной окклюзией (ПАО).

*Результаты.* У всех обследованных отсутствовали эпизоды  $SctO_2$  ниже критической величины во время операции, что позволяет говорить о стабильности центральной гемодинамики на протяжении исследования. При ретроспективном анализе пациенты были разделены на 3 группы. 1-я группа — пациенты с исходным уровнем  $StO_2$  менее 70% ( $n = 19$ ). В этой группе  $StO_2$  оставалась низкой на протяжении всей операции. Во 2-ю группу ( $n = 49$ ) вошли больные, у которых  $StO_2$  была исходно выше 70%, а перед ИК снизилась до уровня менее 70%. В 3-ю группу ( $n = 24$ ) были включены пациенты, у которых  $StO_2$  была стабильно высокой на протяжении всей анестезии. Результаты ПАО подтвердили имеющиеся у больных 1-й и 2-й групп нарушения тканевой оксигенации. В 1-й группе кислородный резерв (КР) был меньше, чем в других, а в конце операции — ниже, чем в исходе. Во 2-й группе КР резко снижался перед ИК, на этапе ИК не отличался от уровня 1-й группы. В 3-й группе КР в течение анестезии был выше, чем в 1-й и 2-й группах, однако также в конце операции был ниже, чем в исходе. Уровень лактата крови после ИК не превышал верхнюю границу нормы, однако его уровень был выше в 1-й и 2-й группах по сравнению с 3-й. Сатурация центральной вены у больных 3-й группы была выше, чем в 1-й и 2-й группах на всех этапах, кроме начала операции. Частота сосудистой недостаточности в 3-й группе во время операции

была меньше по сравнению с 1-й группой, а в послеоперационном периоде — по сравнению со 2-й группой. Более низкие показатели  $StO_2$  в 1-й и 2-й группах сопровождались увеличением длительности ИВЛ, сроков пребывания в ОРИТ и стационаре. Выводы. Тканевая оксиметрия может быть полезным инструментом оценки регионарной оксигенации во время анестезии. Во время анестезии у кардиохирургических больных, оперированных в условиях ИК, происходит снижение тканевой оксигенации и кислородного резерва периферических тканей. Низкий уровень тканевой оксигенации в предперфузионном периоде может являться предиктором осложнений в раннем послеоперационном периоде.

Ключевые слова: тканевая оксиметрия, кислородный резерв, регионарная оксигенация, анестезия у больных с сердечно-сосудистой патологией

## TISSUE OXYGENATION MONITORING DURING CARDIAC SURGERY

Akselrod B.A., Tolstova I.A., Guskov D.A.

Federal State Budgetary Institution Petrovsky National Research Centre of Surgery under the Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

The aim of this study was to evaluate tissue oxymetry dynamics in patients with different initial tissue oxygenation levels and to analyze the relation of these data with the perioperative period flow peculiarities.

*Patients and methods.* 92 patients undergoing on-pump myocardium revascularization or valve replacement were included in the study. Regional oxygenation in all patients was monitored with FORE-SIGHT™ Laser Tissue Oximeter. Sensors were located in the right hemisphere projection and on right forearm. Tissue ( $StO_2$ ) and cerebral ( $SctO_2$ ) oxygenation data were analyzed before anaesthesia start, before CPB, on 45<sup>th</sup> -minute of CPB and in the end of the operation. At these stages also was performed standardized time (3 minutes) vessel occlusion test (VOT).

*Results.* None patients had episodes of  $StO_2$  decrease below the critical level during the operation, that allows to talk about central haemodynamics stability during the study. 1<sup>st</sup> group — patients with initial  $StO_2$  below 70% (n=19). In this group  $StO_2$  remain low throughout the operation. 2<sup>nd</sup> group — patients with initial  $StO_2$  over 70%, but before CPB decreased below 70% (n=49). 3<sup>rd</sup> group — patients with high  $StO_2$  throughout anaesthesia. VOT data confirmed tissue oxygenation disturbances in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> groups. In 1<sup>st</sup> group oxygen reserve (OR) was lower, than in other groups and at the end of the surgery — lower than initial one. In 2<sup>nd</sup> group OR decreased significantly before CPB and during CPB didn't differ from 1<sup>st</sup> group. In 3<sup>rd</sup> group OR during anaesthesia was higher, than in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> group, but decreased by the end of the surgery. Lactate level after CPB doesn't exceed the upper limit, however, it's level was higher in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> group than in the 3<sup>rd</sup> group. Central vein saturation in 3<sup>rd</sup> group was higher than in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> group at all stages, except for operation start. Lower  $StO_2$  levels in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> group were accompanied with extension of ALV, ICU length-of-stay and hospitalization.

*Resume.* Tissue oxymetry may be useful for regional oxygenation assessment during anaesthesia. There is a decrease in tissue oxygenation and oxygen reserve of peripheral tissues during on-pump cardiosurgery. The low tissue oxygenation level during preperfusion period may be a predictor for early postoperative complications.

Key words: tissue oxymetry, oxygen reserve, regional oxygenation, anaesthesia in patients with cardio-vascular diseases

**Введение.** Поддержание стабильной гемодинамики и обеспечение адекватной доставки кислорода по-прежнему остается важнейшей проблемой в современной анестезиологии и реаниматологии. Одним из показателей эффективности кислородного транспорта является тканевая оксигенация.

Применение тканевой оксигенации, которая отражает баланс доставки и потребления кислорода, в качестве показателя эффективности гемодинамики и гомеостаза во время анестезии имеет длительную историю. В нашем центре подобная доктрина была реализована еще в 60-х годах прошлого века при становлении методики ИК [1]. Однако мониторинг тканевой оксигенации не нашел широкого применения, что было обусловлено сложностью и высокой стоимостью оборудования. Только в последние годы с внедрением в клиническую практику тканевой оксиметрии с помощью близкой по спектру к инфракрасной спектроскопии (БИКС, или NIRS в англоязычной литературе) у анестезиологов появилась возможность мониторировать регионарную оксигенацию во время операции.

В зависимости от региона методика разделяется на церебральную, висцеральную и собственно тканевую оксиметрию. В настоящее время наиболее часто используется церебральная оксиметрия: во время анестезии и при критических состояниях для анализа насыщения тканей головного мозга кислородом [2, 3]. В педиатрии весьма актуально использование висцеральной оксиметрии [4].

### Информация для контакта:

Аксельрод Борис Альбертович (Akselrod Boris Albertovich).  
E-mail: 7403797@gmail.com

Тканевая оксиметрия (ТО) также получила достаточно широкое распространение в различных областях клинической медицины. Методика имеет хорошую чувствительность и воспроизводимость. Информативность ТО была доказана как в эксперименте [5, 6], так и в клинике [7, 8]. Показатель оксигенации периферических тканей ( $StO_2$ ), помимо баланса доставки и потребления кислорода, отражает состояние кровотока в микроциркуляторном русле. В оценке состояния микроциркуляции ТО может превосходить даже такие устоявшиеся способы изучения кровотока периферических тканей, как радиоизотопная плетизмография [9]. В настоящее время наиболее часто ТО используется при состояниях, сопровождающихся выраженными нарушениями микроциркуляции и тканевой перфузии, например при сепсисе [10], при септическом, кардиогенном, геморрагическом и травматическом шоке [11—13], а также у больных в критических состояниях. Снижение  $StO_2$  ассоциируется увеличением летальности и ухудшением результатов лечения. Считается, что этот показатель может быть более ранним признаком патологических изменений в тканевом метаболизме, чем сатурация смешанной и центральной вены.

Широко известно, что во время анестезии у кардиохирургических больных нарушается микроциркуляция и меняется потребление кислорода периферическими тканями. Нарушение регионарной перфузии может ухудшать процесс послеоперационного заживления и увеличивать частоту послеоперационных инфекционных осложнений [14]. На наш взгляд, оксигенация периферических тканей во время сердечно-сосудистых операций может нести важную информацию об общем состоянии пациента.

Например, свидетельствовать о начале централизации кровообращения. ТО во время функциональных проб (например, пробы с артериальной окклюзией) может дать дополнительную информацию о кислородном транспорте и кислородном резерве в периферических тканях. Результаты работ по применению ТО в анестезиологической практике противоречивы, публикации немногочисленны [15—17]. Кроме того, в этих работах ТО использована изолированно. На наш взгляд, для создания более полной картины кислородного транспорта одновременно требуется информация о состоянии церебральной оксигенации. В настоящее время сведений о подобных исследованиях в анестезиологии и реаниматологии нет. В связи с этим в нашем исследовании были поставлены следующие задачи: 1) изучить динамику показателей тканевой оксиметрии у пациентов с различным исходным уровнем тканевой оксигенации; 2) проанализировать связь показателей тканевой оксигенации с особенностями течения периоперационного периода.

**Материал и методы.** Мы обследовали 92 пациентов, оперированных в ФГБУ РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского РАМН в 2011—2012 гг. По антропометрическим параметрам и по возрасту  $[60 \pm 11,3 (49—67)$  года) пациенты были однородны, среди них было 72 мужчины и 20 женщин. Все больные относились к III—IV функциональному классу по классификации NYHA, имели сниженные показатели физического статуса по классификации ASA (III—IV) и относились к категории высокого анестезиологического риска (IV по классификации МНОАР). В исследование не включались больные с сердечной недостаточностью, сахарным диабетом, поражением артерий верхних конечностей.

Больным ИБС выполнялись операции реваскуляризации миокарда ( $n = 52$ ) в условиях нормотермического кровообращения (центральная температура  $36^\circ\text{C}$ ). У пациентов с патологией клапанной ( $n = 40$ ) коррекция проводилась в условиях умеренной гипотермии (центральная температура  $32^\circ\text{C}$ ). У всех больных проводилась сбалансированная многокомпонентная анестезия по принятой в центре методике: вводная анестезия на основе мидазолама ( $0,05—0,08$  мг/кг), кетамина ( $0,5—0,7$  мг/кг), пропофола ( $0,5—0,7$  мг/кг), фентанила ( $2,5—3,5$  мкг/кг) и пипекурониума бромид ( $0,1$  мг/кг). Поддержание анестезии осуществлялось севофлураном ( $0,5—1,0$  MAC), а во время ИК — пропофолом ( $3—4$  мг/кг · ч). Фентанил вводили инфузионно в дозе  $3—4$  мкг/кг · ч, а также добавляли дробно на травматичных этапах операции по  $2,5—3,8$  мкг/кг. Миоплегию поддерживали дробным введением пипекурониума бромид.

Данные представлены в формате  $M \pm SD$ , различия считались достоверными при  $p < 0,05$ . Вычисляли критерии Стьюдента ( $t$ ) и критерий  $\chi^2$  для качественных признаков.

#### Суть метода тканевой оксиметрии

Под тканевой оксигенацией ( $StO_2$ ) чаще всего понимают оксигенацию мышечной ткани (тенар, предплечье, икроножная мышца), в которой соотношение артериальной и венозной крови составляет 25/75% [18].  $StO_2$  — это отношение сатураированного гемоглобина к общему гемоглобину на капиллярном уровне [15]. Показатель рассчитывается по формуле

$$StO_2 = \frac{HbO_2}{(HbO_2 + Hb)} \cdot 100\%.$$

Метод ТО основан на том, что оксигенированный ( $HbO_2$ ) и дезоксигенированный гемоглобин ( $Hb$ ) по-разному поглощают свет. В нашем исследовании для ТО использовался лазерный тканевой оксиметр FORE-SIGHT™ (CAS Medical System's™, США). Спектроскопический интервал, в котором можно различить и измерить  $Hb$  и  $HbO_2$ , находится в диапазоне волн от 660 до 940 нм. Отраженный лазерный сигнал несет информацию о сосудах диаметром менее 1 мм (артериолы, вены и собственно капилляры) [18].

Два сенсора тканевого оксиметра располагаются на расстоянии 1,5 и 5 см от источника лазерного излучения, что позволяет исключить влияние на результаты показателей оксигенации кожи и подкожной клетчатки (рис. 1).

Датчики прибора располагались в проекции правого полушария и на правом предплечье. Показатели  $StO_2$  и церебральной оксигенации ( $SctO_2$ ) анализировались в исходе (перед началом анестезии), перед ИК, на 45-й минуте ИК, в конце операции.

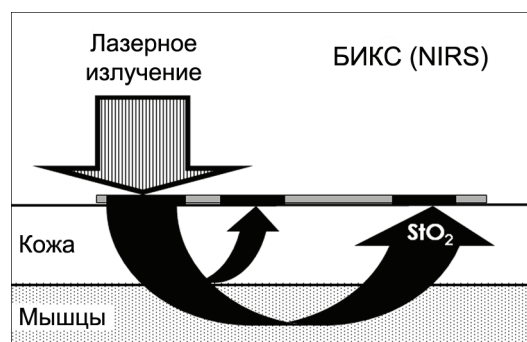


Рис. 1. Принцип работы лазерного тканевого оксиметра.

В настоящее время отсутствуют общепринятые границы нормы церебральной и тканевой оксигенации, что обусловлено различиями в техническом устройстве оксиметров, использующих технологию БИКС (например, разная длина волны и т. д.). Ориентировочный показатель нормы  $SctO_2$  для FORE-SIGHT™ составляет 63—73% [20, 21]. Разработчики прибора считают опасным уровень  $SctO_2$  менее 60% и вводят для оценки результатов фактор времени (длительность эпизода более 15 мин).

По данным ряда авторов, верхняя граница нормы тканевой оксигенации колеблется между 81 и 86% [11, 13, 16]. Сниженным значением считается  $StO_2$  менее 70% [22—24]. Отсутствие общепринятых норм для ТО обусловлено различиями в устройстве приборов и вариантами расположения датчиков. Большинство авторов используют возвышение тенара. Это объясняется тем, что толщина подкожно-жирового слоя здесь минимальна [25] и редко развивается отек тканей, который может влиять на точность измерения [18]. Однако некоторые исследователи показали, что  $StO_2$  глубоких мышечных массивов (икроножная мышца) может нести больше информации для клиники [26]. В связи с этим в нашем исследовании мы располагали датчики на переднебоковой поверхности предплечья. Толщина подкожно-жирового слоя в этом месте значительно меньше проникающей способности прибора.

Отсутствие общепринятых норм приводит к тому, что многие авторы используют функциональные пробы для увеличения информативности и сопоставимости результатов исследований. В нашей работе мы использовали пробу с артериальной окклюзией (ПАО), которая является основной при исследовании  $StO_2$  [27]. Для создания тестовой ишемии верхней конечности, после 5-минутного периода стабилизации давление в манжете тонометра быстро (менее 5 с) нагнеталось до уровня 240 мм рт. ст. [28]. Как и большинство исследователей, мы использовали ПАО, стандартизованную по времени (3 мин) [15]. После 3 мин пережатия артерии давление быстро (менее 5 с) сбрасывалось. Оценивали кислородный резерв ( $KP-StO_2$  min, %) — минимальный уровень оксигенации во время ПАО.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ результатов показал, что у всех обследованных больных

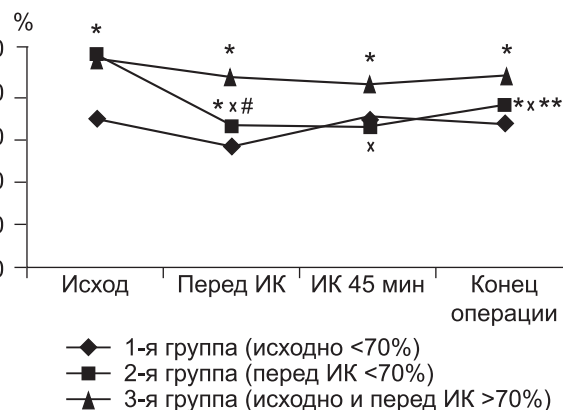


Рис. 2. Динамика тканевой оксигенации ( $StO_2$ ) во время анестезии. \* —  $p < 0,05$  по сравнению с 1-й группой; × —  $p < 0,05$  по сравнению с 3-й группой; # —  $p < 0,05$  между этапами; \*\* —  $p < 0,05$  относительно исхода.

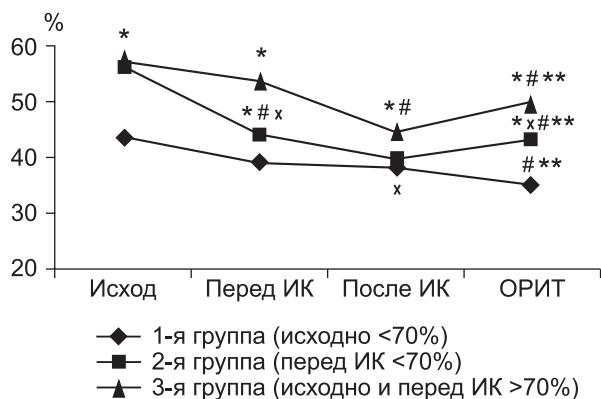


Рис. 3. Кислородный резерв ( $StO_2 \text{ min}$ ) во время ПАО.

отсутствовали эпизоды  $SctO_2$  ниже критической величины во время операции, что позволяет говорить о стабильности центральной гемодинамики на протяжении исследования.

При ретроспективном анализе в зависимости от исходных показателей ТО пациенты были разделены на 3 группы. 1-я группа — пациенты с исходным уровнем  $StO_2$  менее 70% ( $n = 19$ ) (рис. 2). В этой группе, несмотря на тенденцию к снижению после вводной анестезии,  $StO_2$  оставалась низкой на протяжении всей операции. Во 2-ю группу ( $n = 49$ ) вошли больные, у которых тканевая оксигенация была исходно выше 70%, а перед ИК снизилась до уровня менее 70%. На этом этапе показатель  $StO_2$  не отличался от значения в 1-й группе. В 3-ю группу были включены 24 пациента, у которых показатели ТО были стабильно высокими на протяжении всей анестезии.

Результаты ПАО расширили оценку тканевой оксигенации у наших больных (рис. 3). Проба подтвердила имеющиеся у больных 1-й и 2-й групп нарушения тканевой оксигенации. В 1-й группе кислородный резерв (КР) был меньше, чем в других группах, а в конце операции — ниже, чем в исходе. Во 2-й группе  $StO_2 \text{ min}$  резко снижался перед ИК, на этапе ИК не отличался от уровня в 1-й группе. В благополучной по общему уровню тканевой оксигенации в 3-й группе КР снижался, во время ИК был минимальным, а в конце операции был ниже, чем в исходе.

Таким образом, большинство (64,7%) пациентов во время операции имели сниженную тканевую оксигенацию. Особый интерес представляют больные 2-й группы, поскольку нарушения у них носили латентный характер. Возможно, исходно высокий уровень  $StO_2$  был обусловлен преоксигенацией 100% кислородом перед вводной анестезией, что создавало ощущение мнимого благополучия. Снижение тканевой оксигенации во время операции свидетельствовало, что даже при адекватной анестезии и

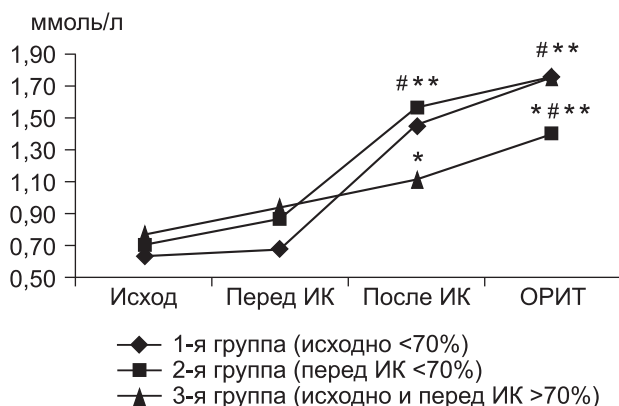


Рис. 4. Уровень лактата крови.

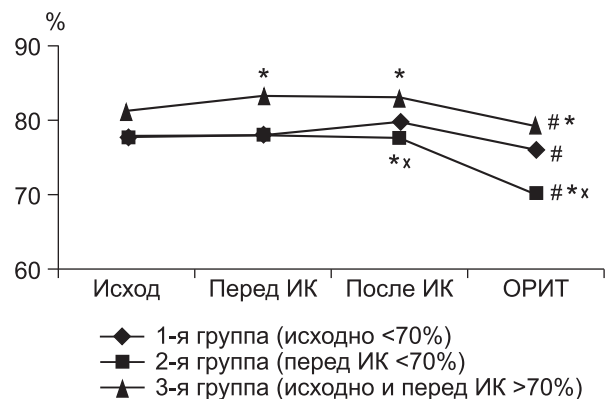


Рис. 5. Сатурация центральной вены.

\* —  $p < 0,05$  по сравнению с 1-й группой; x —  $p < 0,05$  по сравнению с 3-й группой; # —  $p < 0,05$  между этапами.

отсутствию грубых нарушений гемодинамики мы не вполне контролируем регионарную перфузию.

S. Ranjan и соавт. [15] показали, что во время анестезии у больных общехирургического профиля тканевая оксигенация выше, чем у здоровых добровольцев. Однако полученные нами результаты совпадают с данными J. Sanders и соавт. [16], которые показали, что у кардиохирургических больных  $StO_2$  снижается на протяжении операции с ИК и сохраняется сниженным в раннем послеоперационном периоде. Одной из причин нарушения тканевой перфузии может быть негативное влияние ИК. По данным В. Solter и соавт. [17],  $StO_2$  снижается именно во время ИК и сопровождается уменьшением кислородного резерва тканей. Более того, насыщение тканей кислородом возвращается к норме только спустя 6 ч после окончания операции [16, 17].

Использование пробы с артериальной окклюзией (ПАО) увеличивает информативность ТО [29], поскольку позволяет оценить состояние системы микроциркуляции и кислородный резерв периферических тканей [22, 30]. Снижение кислородного резерва является неблагоприятным показателем и выявляется при различных патологических состояниях [13]. Постепенное снижение кислородного резерва в нашем исследовании подтверждает динамику показателей тканевой оксиметрии. Однако применение ПАО позволило выявить скрытые нарушения оксигенации периферических тканей даже в том случае, если абсолютные значения  $StO_2$  находились в пределах нормы.

При анализе данных было обнаружено, что между группами имеются различия в значениях показателей, отражающих суммарный кислородный транспорт. Несмотря на то что уровень лактата крови после ИК не превышал верхнюю границу нормы, его уровень был выше в 1-й и 2-й группах по сравнению с 3-й (рис. 4).

Сатурация центральной вены у больных 3-й группы была выше, чем в 1-й и 2-й, на всех этапах, кроме начала операции (рис. 5). Почему во время ИК и в ОРИТ имелись различия между 1-й и 2-й группами не вполне ясно.

Таблица 1

**Частота сосудистой недостаточности**

Этап	1-я группа (n = 19)	2-я группа (n = 49)	3-я группа (n = 24)
Во время операции	5 (26,0%)*	8 (16,3%)	Нет
В ОРИТ	2 (10,5%)	15 (30,6%)*	1 (4,2%)

Примечание. Здесь и в табл. 2: \*  $p < 0,05$  по сравнению с 3-й группой.

Таблица 2

## Особенности течения послеоперационного периода

Показатель	1-я группа	2-я группа	3-я группа
ИВЛ, ч	9,6 ± 2,8*	9,7 ± 3,3*	7,9 ± 2,4
Пребывание в ОРИТ, сут	1,6 ± 0,4*	1,46 ± 0,3*	1,25 ± 0,5
Пребывание в стационаре, сут	10,7 ± 2,1*	12,9 ± 3,5*	9,1 ± 1,4

Одной из причин может быть то, что пациенты, имеющие стабильно низкие показатели тканевой оксигенации, больше адаптированы к нарушениям тканевой перфузии, которые неизбежно возникают во время ИК и сохраняются в послеоперационном периоде.

В нашем исследовании не выявлена связь уровня тканевой оксигенации и частоты инфекционных осложнений, частотой сердечной недостаточности и энцефалопатии в послеоперационном периоде. Известно, что пациенты с нарушением периферической перфузии имеют более высокую частоту инфекционных осложнений [14]. В нашей работе это не подтвердилось, что можно объяснить небольшим числом наблюдений. В то же время частота сосудистой недостаточности в 3-й группе во время операции была меньше по сравнению с 1-й, а в послеоперационном периоде — по сравнению со 2-й (табл. 1).

Более низкие показатели тканевой оксигенации сопровождалась увеличением длительности ИВЛ и сроков пребывания в ОРИТ и стационаре (табл. 2).

Полученные нами данные демонстрируют важность измерения тканевой оксигенации в оценке общего состояния перфузии во время анестезии. Связь показателей ТО с исходами критических состояний была продемонстрирована в многочисленных работах. Так, при септическом шоке более низкие показатели StO<sub>2</sub> ассоциируются с нарушениями метаболизма и увеличением летальности [12]. При кардиогенном, геморрагическом и травматическом шоках также наблюдается снижение StO<sub>2</sub> и КР периферических тканей, что отражает наличие тяжелой гипоперфузии и коррелирует с тяжестью состояния больного [11, 13]. Снижение StO<sub>2</sub> у больных в критических состояниях и после реанимационных мероприятий является предиктором увеличения летальности [23, 29, 33] и развития полиорганной недостаточности [31]. Есть сообщения об использовании ТО даже на догоспитальном этапе у пациентов после тяжелой сочетанной травмы [32]. Таким образом, ТО является объективным методом контроля периферического кровотока и оксигенации и достоверным предиктором неблагоприятного исхода критического состояния.

Наши данные подтверждают, что низкий уровень StO<sub>2</sub> является неблагоприятным признаком у больных кардиохирургического профиля. Данное утверждение совпадает с выводами J. Sanders и соавт. [16], которые показали, что у пациентов с сердечно-сосудистой патологией низкие показатели StO<sub>2</sub> во время анестезии являются неблагоприятным прогностическим признаком и предиктором более высокой послеоперационной летальности. Особенно важно, что снижение тканевой оксигенации является ранним признаком патологических процессов и может выявляться у пациента раньше, чем происходит изменение других мониторинговых показателей [32].

На наш взгляд, одной из причин, затрудняющих интерпретацию показателей ТО, является смешанный характер капиллярного кровотока в мышцах, который на 75% состоит из венозной составляющей [18]. Кроме того, ТО не отражает непосредственно микроциркуляторный кровоток, и это делает интерпретацию абсолютных значений StO<sub>2</sub> еще

более сложным. StO<sub>2</sub> отражает баланс между доставкой и потреблением кислорода в исследуемом регионе. Поэтому изменения этого показателя могут отражать как собственно изменения микроциркуляторного кровотока, так и/или изменения метаболизма в зоне обследования. Кроме того, одновременные изменения в скорости потока и метаболизме могут приводить к тому, что StO<sub>2</sub> не изменится. Для получения более точной информации требуется проведение функциональных проб. В нашей работе использование ПАО позволило выявить скрытые нарушения тканевой перфузии, которые проявлялись в снижении кислородного резерва.

В практической работе анестезиологу было бы полезно иметь такой инструмент мониторинга, особенно для больных высокого риска. Мониторинг ТО не требует много времени, неинвазивен и нагляден. Дальнейшие исследования позволят определить точные границы нормы тканевой оксигенации и более точно оценить прогностическое значение ее снижения во время анестезии.

## ВЫВОДЫ

1. Тканевая оксиметрия может быть полезным инструментом оценки регионарной оксигенации во время анестезии.
2. Во время анестезии у кардиохирургических больных, оперированных в условиях искусственного кровообращения, происходит снижение тканевой оксигенации.
3. Кислородный резерв периферических тканей во время операции также снижается.
4. Низкий уровень тканевой оксигенации в предперфузионном периоде может являться предиктором осложнений в раннем послеоперационном периоде.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петровский Б. В., Соловьев Г. М., Буянтян А. А. Гипотермическая перфузия в хирургии открытого сердца. Ереван: Издательство "Айастан"; 1967.
2. Edmonds H. All cardiac surgical patients should have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. J. Cardiothorac. Vasc. Anesth. 2006; 20 (3): 445—9.
3. Fischer G., Lin H., Krol M. et al. Noninvasive cerebral oxygenation may predict outcome in patients undergoing aortic arch surgery. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2011; 141 (3): 815—21.
4. Cortez J., Gupta M., Amaram A. Noninvasive evaluation of splanchnic tissue oxygenation using near-infrared spectroscopy in preterm neonates. J. Matern. Fetal Neonat. Med. 2011; 24 (4): 574—82.
5. Cohn S., Varela J., Giannotti G. Splanchnic perfusion evaluation during hemorrhage and resuscitation with gastric near-infrared spectroscopy. J. Trauma. 2001; 50: 629—34.
6. Varela J., Cohn S., Giannotti G. Near-infrared spectroscopy reflects changes in mesenteric and systemic perfusion during abdominal compartment syndrome. Surgery. 2001; 129: 363—70.
7. Boushel R., Piantadosi C. A. Near-infrared spectroscopy for monitoring muscle oxygenation. Acta Physiol. Scand. 2000; 168: 615—22.
8. Cohn S., Nathens A., Moore F. et al. Tissue oxygen saturation predicts the development of organ dysfunction during traumatic shock resuscitation. J. Trauma. 2007; 62: 44—54.
9. Harel F., Denault A., Ngo Q. et al. Near-infrared spectroscopy to monitor peripheral blood flow perfusion. J. Clin. Monit. Comput. 2008; 22 (1): 37—43.
10. Jones A., Puskarich M. Sepsis-induced tissue hypoperfusion. Crit. Care Clin. 2009; 25 (4): 769—79.
11. Crookes B., Cohn S., Bloch S. et al. Can near-infrared spectroscopy identify the severity of shock in trauma patients? J. Trauma. 2005; 58 (4): 806—13.
12. Payen D., Luengo C., Heyer L. et al. Is the near tissue hemoglobin oxygen saturation in septic shock related to macrohemodynamic variables and outcome? Crit. Care. 2009; 13 (Suppl. 5): S6.
13. Strahovnik I., Podbregar M. Measurement of skeletal muscle tissue oxygenation in the critically ill. Signa Vitae 2008; 3 (1): 43—50.
14. Kurz A., Sessler D. I., Lenhardt R. A. Study of wound infections and temperature group: perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. N. Engl. J. Med. 1996; 334: 1209—15.

15. *Ranjan S., Thomson S., Tuccillo M.* et al. Anaesthesia induced changes in tissue saturation in response to vascular occlusion test. *Care Med.* 2009; 35 (Suppl. 1): S157.
16. *Sanders J., Toor I., Yurik T.* et al. Tissue oxygen saturation and outcome after cardiac surgery. *Am. J. Crit. Care.* 2011; 20 (2): 138—45.
17. *Soller B., Idwasi P., Balaguer J.* et al. Noninvasive, near infrared spectroscopic-measured muscle pH and PO<sub>2</sub> indicate tissue perfusion for cardiac surgical patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Crit. Care Med.* 2003; 31: 2324—31.
18. *Backer D., Ospina-Tascon G., Salgado D.* et al. Monitoring the microcirculation in the critically ill patient: current methods and future approaches. *Intensive Care Med.* 2010; 36 (11): 1813—25.
19. *Ferrari M., Mottola L., Quaresima V.* Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy. *Can. J. Appl. Physiol.* 2004; 29 (4): 463—87.
20. *MacLeod D., Ikeda K., Keifer J.* et al. Validation of the CAS adult cerebral oximeter during hypoxia in healthy volunteers. *Anesth. Analg.* 2006; 102; S-1—330.
21. *MacLeod D., Ikeda K., Moretti E.* et al. Using the CAS cerebral oximeter to estimate cerebral venous oxygen saturation. *Anesthesiology* 2005; 103: A16.
22. *Creteur J., Carollo T., Soldati G.* et al. The prognostic value of muscle StO<sub>2</sub> in septic patients. *Intensive Care Med.* 2007; 33: 1549—56.
23. *Lima A., van Bommel J., Jansen T.* et al. Low tissue oxygen saturation at the end of early goal-directed therapy is associated with worse outcome in critically ill patients. *Crit. Care.* 2009; 13 (Suppl. 5): S13.
24. *Cohn S. M., Nathens A. B., Moore F. A., Rhee P., Puyana J. C.* et al. Tissue oxygen saturation predicts the development of organ dysfunction during traumatic shock resuscitation. *J. Trauma.* 2007; 62: 44—54.
25. *Soller B., Yang Y., Soyemi O.* et al. Noninvasively determined muscle oxygen saturation is an early indicator of central hypovolemia in humans. *J. Appl. Physiol.* 2008; 104: 475—81.
26. *Soller B., Ryan K., Rickards C.* et al. Oxygen saturation determined from deep muscle, not thenar tissue, is an early indicator of central hypovolemia in humans. *Crit. Care Med.* 2008; 36: 176—82.
27. *Kragelj R., Jarm T., Miklavcic D.* Reproducibility of parameters of post-occlusive reactive hyperemia measured by near infrared spectroscopy and transcutaneous oximetry. *Ann. Biomed. Eng.* 2000; 28(2): 168—73.
28. *Kragelj R., Jarm T., Erjavec T.* et al. Parameters of postocclusive reactive hyperemia measured by near infrared spectroscopy in patients with peripheral vascular disease and in healthy volunteers. *Ann. Biomed. Eng.* 2001; 29 (4): 311—20.
29. *Creteur J.* Muscle StO<sub>2</sub> in critically ill patients. *Curr. Opin. Crit. Care.* 2008; 14 (3): 361—6.
30. *Gomez H., Torres A., Polanco P.* et al. Use of non-invasive NIRS during a vascular occlusion test to assess dynamic tissue O<sub>2</sub> saturation response. *Intensive Care Med.* 2008; 34: 1600—7.
31. *Cohn S., Nathens A., Moore F.* Tissue oxygen saturation predicts the development of organ dysfunction during traumatic shock resuscitation. *J. Trauma.* 2007; 62: 44—55.
32. *von Bergh M., Madler C.* Tissue Oxygen Saturation in the Emergency and Critical Care Setting. *Emergency Medicine & Critical Care* 2008. <http://www.touchbriefings.com/ebooks/A18oxs/emed-critvol4/resources/23.htm>
33. *Lima A., van Bommel J., Sikorska K.* et al. The relation of near-infrared spectroscopy with changes in peripheral circulation in critically ill patients. *Crit. Care Med.* 2011; 39 (7): 1649—54.
8. *Cohn S., Nathens A., Moore F.* et al. Tissue oxygen saturation predicts the development of organ dysfunction during traumatic shock resuscitation. *J. Trauma.* 2007; 62: 44—54.
9. *Harel F., Denault A., Ngo Q.* et al. Near-infrared spectroscopy to monitor peripheral blood flow perfusion. *J. Clin. Monit. Comput.* 2008 Feb; 22 (1): 37—43.
10. *Jones A., Puskarich M.* Sepsis-induced tissue hypoperfusion. *Crit. Care Clin.* 2009 Oct; 25 (4): 769—79.
11. *Crookes B., Cohn S., Bloch S.* et al. Can near-infrared spectroscopy identify the severity of shock in trauma patients? *J. Trauma.* 2005 Apr; 58 (4): 806—13.
12. *Payen D., Luengo C., Heyer L.* et al. Is thenar tissue hemoglobin oxygen saturation in septic shock related to macrohemodynamic variables and outcome? *Crit. Care.* 2009; 13 (Suppl. 5): S6.
13. *Strahovnik I., Podbregar M.* Measurement of skeletal muscle tissue oxygenation in the critically ill. *Signa Vitae* 2008; 3 (1): 43—50.
14. *Kurz A., Sessler D. I., Lenhardt R.* et al. Study of wound infections and temperature group: perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. *N. Engl. J. Med.* 1996; 334: 1209—15.
15. *Ranjan S., Thomson S., Tuccillo M.* et al. Anaesthesia induced changes in tissue saturation in response to vascular occlusion test. *Care Med.* 2009; 35 (Suppl. 1): S157.
16. *Sanders J., Toor I., Yurik T.* et al. Tissue oxygen saturation and outcome after cardiac surgery. *Am. J. Crit. Care* 2011 Mar; 20 (2): 138—45.
17. *Soller B., Idwasi P., Balaguer J.* et al. Noninvasive, near infrared spectroscopic-measured muscle pH and PO<sub>2</sub> indicate tissue perfusion for cardiac surgical patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Crit. Care Med.* 2003; 31: 2324—31.
18. *Backer D., Ospina-Tascon G., Salgado D.* et al. Monitoring the microcirculation in the critically ill patient: current methods and future approaches. *Intensive Care Med.* 2010 Nov; 36 (11): 1813—25.
19. *Ferrari M., Mottola L., Quaresima V.* Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy. *Can. J. Appl. Physiol.* 2004 Aug; 29 (4): 463—87.
20. *MacLeod D., Ikeda K., Keifer J.* et al. Validation of the CAS adult cerebral oximeter during hypoxia in healthy volunteers. *Anesth. Analg.* 2006; 102; S-1—330.
21. *MacLeod D., Ikeda K., Moretti E.* et al. Using the CAS cerebral oximeter to estimate cerebral venous oxygen saturation. *Anesthesiology* 2005; 103: A16.
22. *Creteur J., Carollo T., Soldati G.* et al. The prognostic value of muscle StO<sub>2</sub> in septic patients. *Intensive Care Med.* 2007; 33: 1549—56.
23. *Lima A., van Bommel J., Jansen T.* et al. Low tissue oxygen saturation at the end of early goal-directed therapy is associated with worse outcome in critically ill patients. *Crit. Care.* 2009; 13 (Suppl. 5): S13.
24. *Cohn S. M., Nathens A. B., Moore F. A., Rhee P., Puyana J. C.* et al. Tissue oxygen saturation predicts the development of organ dysfunction during traumatic shock resuscitation. *J. Trauma.* 2007; 62: 44—54.
25. *Soller B., Yang Y., Soyemi O.* et al. Noninvasively determined muscle oxygen saturation is an early indicator of central hypovolemia in humans. *J. Appl. Physiol.* 2008; 104: 475—81.
26. *Soller B., Ryan K., Rickards C.* et al. Oxygen saturation determined from deep muscle, not thenar tissue, is an early indicator of central hypovolemia in humans. *Crit. Care Med.* 2008; 36: 176—82.
27. *Kragelj R., Jarm T., Miklavcic D.* Reproducibility of parameters of post-occlusive reactive hyperemia measured by near infrared spectroscopy and transcutaneous oximetry. *Ann. Biomed. Eng.* 2000 Feb; 28 (2): 168—73.
28. *Kragelj R., Jarm T., Erjavec T.* et al. Parameters of postocclusive reactive hyperemia measured by near infrared spectroscopy in patients with peripheral vascular disease and in healthy volunteers. *Ann. Biomed. Eng.* 2001 Apr; 29 (4): 311—20.
29. *Creteur J.* Muscle StO<sub>2</sub> in critically ill patients. *Curr. Opin. Crit. Care.* 2008 Jun; 14 (3): 361—6.
30. *Gomez H., Torres A., Polanco P.* et al. Use of non-invasive NIRS during a vascular occlusion test to assess dynamic tissue O<sub>2</sub> saturation response. *Intensive Care Med.* 2008; 34: 1600—7.
31. *Cohn S., Nathens A., Moore F.* Tissue oxygen saturation predicts the development of organ dysfunction during traumatic shock resuscitation. *J. Trauma.* 2007; 62: 44—55.
32. *von Bergh M., Madler C.* Tissue Oxygen Saturation in the Emergency and Critical Care Setting. *Emergency Medicine & Critical Care* 2008. <http://www.touchbriefings.com/ebooks/A18oxs/emed-critvol4/resources/23.htm>
33. *Lima A., van Bommel J., Sikorska K.* et al. The relation of near-infrared spectroscopy with changes in peripheral circulation in critically ill patients. *Crit. Care Med.* 2011 Jul; 39 (7): 1649—54.

## REFERENCES

1. *Petrovskij B. V., Solov'ev G. M., Bunjatjan A.A.* Hypothermic perfusion in open heart surgery. *Izdatel'stvo "Ajastan", Erevan, 1967.* (in Russian)
2. *Edmonds H.* All cardiac surgical patients should have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *J. Cardiothorac Vasc Anesth.* 2006 Jun; 20 (3): 445—9.
3. *Fischer G., Lin H., Krol M.* et al. Noninvasive cerebral oxygenation may predict outcome in patients undergoing aortic arch surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011 Mar; 141 (3): 815—21.
4. *Cortez J., Gupta M., Amaram A.* Noninvasive evaluation of splanchnic tissue oxygenation using near-infrared spectroscopy in preterm neonates. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* 2011 Apr; 24 (4): 574—82.
5. *Cohn S., Varela J., Giannotti G.* Splanchnic perfusion evaluation during hemorrhage and resuscitation with gastric near-infrared spectroscopy. *J. Trauma.* 2001; 50: 629—34.
6. *Varela J., Cohn S., Giannotti G.* Near-infrared spectroscopy reflects changes in mesenteric and systemic perfusion during abdominal compartment syndrome. *Surgery* 2001; 129: 363—70.
7. *Boushel R., Piantadosi C. A.* Near-infrared spectroscopy for monitoring muscle oxygenation. *Acta Physiol. Scand.* 2000; 168: 615—22.

Поступила 12.10.12