На правах рукописи

Гуськов Денис Александрович

РЕГИОНАРНАЯ ОКСИМЕТРИЯ ВО ВРЕМЯ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Специальность 14.01.20 – анестезиология и реаниматология

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Москва
2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»

Научный руководитель:

Аксельрод Борис Альбертович - доктор медицинских наук.

Официальные оппоненты:

Козлов Игорь Александрович - доктор медицинских наук, профессор, государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии факультета усовершенствования врачей.

Кричевскй Лев Анатольевич - доктор медицинских наук, государственное бюджетное учреждение здравоохранения г. Москвы «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина», 2 отделение анестезиологии и реанимации, заведующий отделением.

Ведущее учреждение:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «…» …… 2019 года в 14.00 часов на заседании Диссертационного совета (Д.001.027.01) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» Адрес: 119991, Москва, Абрикосовский пер., д.2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» и на сайте www.med.ru.

Автореферат разослан « »…….. 2018 года

Ученый секретарь Диссертационного совета

Доктор медицинских наук **Никода Владимир Владимирович**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

В настоящее время одним из перспективных показателей адекватности транспорта кислорода является регионарная оксиметрия, отражающая содержание кислорода в исследуемом регионе. Оксиметрический анализ проводится с помощью технологии ближней инфракрасной спектроскопии (БИКС; near-infrared spectroscopy, NIRS). Даная методика отличается своей неинвазивностью, простотой использования, возможностью анализа данных в режиме реального времени. Применение церебральной оксиметрии нашло широкое распространение в клинической практике и, что особенно важно, в кардиоанестезиологии [Клыпа Т.В. 2017; Edmonds, H. 2006; Fischer, G. 2011]. Тканевая оксиметрия (StO_2) играет существенную роль в оценке нарушений микроциркуляции и тканевой перфузии. Так, например, оценка StO_2 успешно используется при септическом, кардиогенном, геморрагическом и травматическом шоках [Crookes, B. 2005; Strahovnik, I. 2008; Payen, D. 2009], а также у больных в критических состояниях. В последнее время в медицинской литературе появляются сообщения об использовании обозначенного метода в таких областях хирургии, как хирургия позвоночника и микрохирургия [Малыхина, И.Ф. 2015; Ермольев, С.Н. 2016; Чертков, К.А. 2016]. Снижение StO_2 может происходить у пациента раньше, чем будут выявлены нарушения гемодинамики по данным других методов [von Bergh M. 2008]. Тканевая оксигенация, помимо баланса доставки и потребления кислорода, отражает кровоток в микроциркуляторном русле и во многом зависит от реактивности и тонуса микрососудов. Именно поэтому оксигенация периферических тканей во время сердечно-сосудистых операций может нести важную информацию для кардиоанестезиолога, хотя прогностическое значение тканевой оксигенации на текущий момент недостаточно изучено. Проведенные единичные исследования показали, что при анестезиологическом обеспечении в кардиохирургии StO_2 снижается на протяжении операции с искусственным кровообращением (ИК) и сохраняется сниженной в раннем послеоперационном периоде. Следует указать

на то, что в этих работах StO_2 анализировалась изолированно [Soller B. 2003; Soller B. 2008].

В настоящее время не опубликовано работ, анализирующих одновременные изменения церебральной и тканевой оксиметрии при кардиохирургических операциях, не изучена клиническая значимость мониторинга StO_2 при операциях с искусственным кровообращением в условиях различных температурных режимов. Отсутствуют сообщения о динамике тканевой оксиметрии при нормоволемической гемодилюции, которая применяется при оперативных вмешательствах на сердце и аорте в условиях ИК (искусственного кровообращения). Кроме того, не определена роль тканевой оксиметрии в прогнозе послеоперационных осложнений. Недостаточность исследований, посвященных научному анализу и комплексной оценке анестезиологических аспектов в кардиоанестезиологии послужили основанием для выполнения настоящей исследовательской работы.

Цель исследования: обосновать и внедрить параллельный мониторинг тканевой и церебральной оксиметрии для объективной оценки регионарной оксигенации и кислородного резерва при кардиохирургических операциях в условиях искусственного кровообращения.

Задачи исследования:

1. Провести одновременный оксиметрический мониторинг и анализ динамики тканевой и церебральной оксигенации во время операций на сердце и аорте, выполняемых в условиях искусственного кровообращения при различных температурных режимах.

2. Изучить значение пробы с артериальной окклюзией, для оценки кислородного резерва при операциях в условиях искусственного кровообращения.

3. Провести анализ взаимосвязи показателей регионарной оксиметрии и гомеостаза во время аутогемоэксфузии при операциях с искусственным кровообращением.

4. Проанализировать значения показателей регионарной оксиметрии для прогнозирования течения послеоперационного периода.

5. Исследовать влияние норадреналина и допамина на тканевую и церебральную оксигенацию.

Научная новизна

В представленном исследовании впервые изучена параллельная динамика церебральной и тканевой оксигенации в интраоперационном периоде при оперативных вмешательствах на сердце и аорте в условиях ИК при различных температурных режимах.

Проведена сравнительная оценка информативности тканевой оксигенации с результатами использования пробы с артериальной окклюзией в периоперационном периоде.

Изучена взаимосвязь церебральной и тканевой оксигенации с волемическим статусом, а так же влияние нормоволемической гемодилюции на тканевую оксигенацию.

Определена прогностическая значимость динамики тканевой оксигенации в отношении течения раннего послеоперационного периода при операциях с искусственным кровообращением.

Практическая значимость

1. Рекомендовано использовать многоканальную оксиметрию для дополнительной оценки эффективности гемодинамики.

2. Предложено использование тканевой оксиметрии и церебральной оксиметрии для оценки адекватности и безопасности забора аутокрови у кардиохирургических пациентов.

3. Динамика изменений тканевой оксиметрии предложена как один из критериев прогнозирования особенностей течения раннего послеоперационного периода.

4. Регионарная оксиметрия предложена как дополнительный метод контроля оксигенации в случае отсутствия возможности использования традиционной пульсоксиметрии во время искусственного кровообращения.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Параллельный мониторинг тканевой и церебральной оксигенации является новым объективным показателем транспорта кислорода и кислородного резерва при кардиохирургических операциях с искусственным кровообращением при различных температурных режимах.

2. Проба с артериальной окклюзией является информативным методом контроля показателя кислородного резерва тканей.

3. Тканевая и церебральная оксиметрия является дополнительным объективным критерием оценки безопасности нормоволемической гемодилюции.

4. Исходный уровень и интраоперационная динамика тканевой оксигенации имеет прогностическое значение для оценки течения послеоперационного периода.

Внедрение результатов работы. Методика регионарной оксиметрии внедрена в практическую деятельность структурных подразделений отдела анестезиологии и реанимации ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского».

Апробация диссертации

Диссертационная работа апробирована 28 декабря 2017 года на объединенной научной конференции ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Основные положения настоящего исследования доложены на XVIII ежегодной сессии НЦССХ им. А.Н. Бакулева в 2014 г.; Congress of anesthesiologists and emergency 2014 (Германия, Лейпциг).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 научных работ, 4 из которых - в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертационного исследования.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 101 странице и состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка использованной литературы, состоящего из 21 наименований публикаций отечественных и 106 – зарубежных авторов. Работа иллюстрирована 20 рисунками и 9 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Общая характеристика клинических наблюдений и методы исследования

Работа основана на анализе данных, полученных в результате мониторинга регионарной оксиметрии у пациентов, оперированных в условиях искусственного кровообращения в ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского» в период с июля 2013 года по февраль 2017 года. Всего было обследовано 126 пациентов, из них мужчин 78 (62.1 %), женщин 48 (37,9 %). Средний возраст составил 57,2 ± 0,4 лет, средний вес 85,3 ± 17 кг. В Таблице 1 представлено количественное распределение пациентов в зависимости от заболевания.

Таблица 1 – Распределение пациентов, обследованных в интраоперационном периоде, по нозологическим формам

Нозология	Количество пациентов (n)
Ишемическая болезнь сердца	56 (44,4 %)
Сочетание ишемической болезни сердца и патологии клапанного аппарата	10 (8 %)
Патология клапанного аппарата сердца	32 (25,4 %)
Аневризмы восходящей и дуги аорты	28 (22,2 %)

Пациенты, оперированные по поводу ишемической болезни сердца и клапанной патологии, относились к III-IV по ASA (American Society of Anesthesiologists – Американское общество анестезиологов) и к категории высокого анестезиологического риска (IV по классификации МНОАР, Московское научное общество анестезиологов-реаниматологов). Пациенты, оперированные на дуге аорты, относились к V по ASA и к категории высокого анестезиологического риска (IV по классификации МНОАР). В зависимости от задач исследования, из общего числа формировались группы пациентов, распределение которых описано в соответствующих разделах

Методика регионарной оксиметрии

Для оценки церебральной ($SctO_2$) и тканевой (StO_2) оксигенации использовался лазерный тканевой оксиметр FORE-SIGHT™ (CAS Medical

Systems™, США). В исследовании, сенсоры прибора располагались в проекции лобной доли правого и левого полушария, а также на правом предплечье. Для проведения пробы с артериальной окклюзией (ПАО) была использована модель тестовой ишемии верхней конечности: после 5-минутного периода стабилизации давление в манжетке тонометра быстро (менее 5 сек) нагнеталось до уровня 240 мм рт. ст. [Б.А. Аксельрод 2013; Kragelj R. 2000]. ПАО была стандартизирована по времени (3 мин) [Ranjan S. 2009]. После 3 минут пережатия артерии давление быстро (менее 5 сек) сбрасывалось. Оценивался кислородный резерв (КР) – StO_2 min в % – минимальный уровень оксигенации во время ПАО. Для более информативной оценки динамики кислородного резерва, особенно между группами с разными температурными режимами, вычислялась и оценивалась разница между StO_2 в начале проведения пробы с артериальной окклюзией и StO_2 min (КР) (StO_2 – StO_2 min).

Статистическая обработка результатов

Все выборки были проверены относительно нормальности распределения по критерию Шапиро-Уилка. Количественные параметры представлены в виде среднего (M), стандартное отклонение (SD) – M ± SD. Для сравнения исследуемых показателей использовали критерии Стьюдента, непараметрический критерий Уилкоксона для связанных групп и критерий Манна – Уитни для независимых выборок. Различия считались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$. Корреляционный анализ с вычислением парных коэффициентов корреляции Пирсона (r) – для нормального распределения, корреляции Спирмана (R) – для ненормального распределения, и уровня значимости (p) проводился для выявления взаимосвязей между анализируемыми признаками и наблюдениями.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1 Оценка динамики регионарной оксиметрии и кислородного резерва при различных температурных режимах искусственного кровообращения

В исследование вошли 126 пациентов, оперированных на сердце и аорте. Они были объединены в три группы – критерием разделения выступал температурный режим искусственного кровообращения.

Температурные режимы делились на:

- нормотермический – температура перфузии 36,0 С°; - умеренно гипотермический – температура перфузии 32,0-33,0 С°; - гипотермический – температура перфузии 28,0-29,0 С°.

Температурный режим и численность больных в группах представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Распределение пациентов в группах по температурному режиму ИК

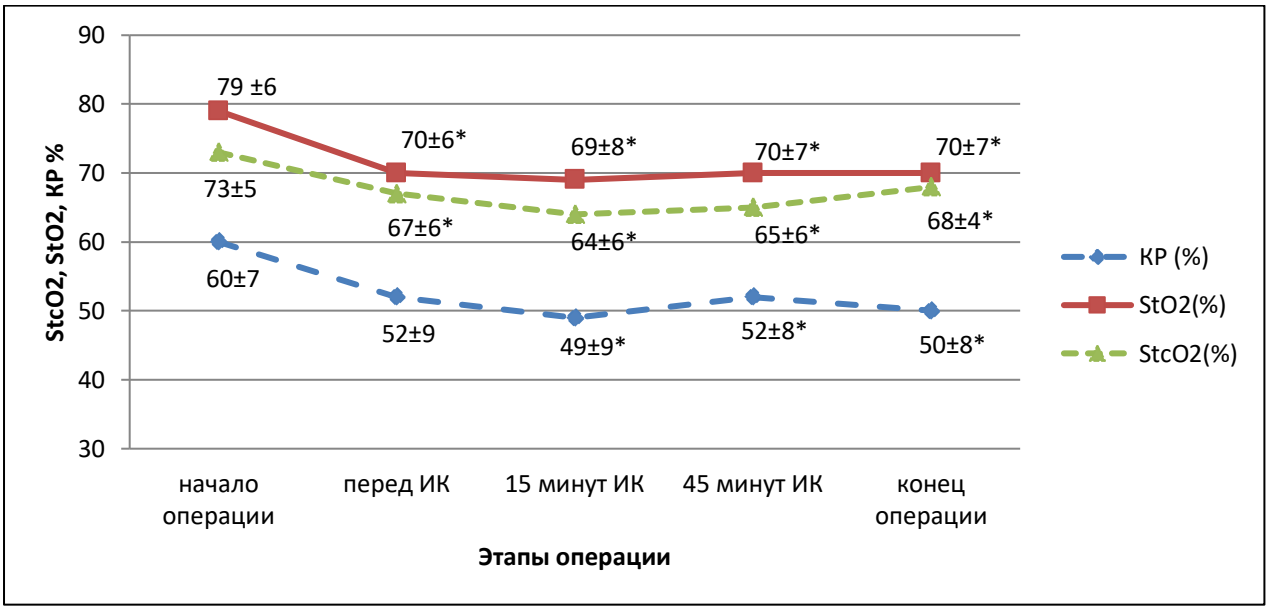
Группа №	Температурный режим перфузии (град.) (Центральная Т С°)	Количество обследованных пациентов (n,%)
Группа 1А	36,0	56 (44,4 %)
Группа 1В	32,0–33,0	42 (33,4 %)
Группа 1С	28,0-29,0	28 (22,2 %)

В наших исследованиях мы выяснили, что при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения при нормотермическом режиме (Группа 1А) церебральная оксиметрия имела умеренную, прямую, достоверную корреляцию ($r= 0.6$; $p<0.05$) с тканевой оксиметрией в исходе, на этапе перед ИК и в конце операции. В то же время, через 45 минут после начала ИК тканевая оксиметрия умеренно, обратно и достоверно коррелирует с церебральной оксиметрией ($r= - 0.5$; $p<0.05$). А в постперфузионный период $SctO_2$ находится в сильной прямой зависимости от парциального давления кислорода в центральной вене ($r= 0.8$; $p<0.05$). В свою очередь достоверное снижение StO2 на этом же этапе относительно начала операции доказывает централизацию кровообращения, которая начинается во время искусственного кровообращения и продолжается в постперфузионный период.

В группе 1В на этапах до ИК динамика $StcO_2$ и StO_2 соответствует группе 1А, а так же отмечается обратная, но уже сильная, по сравнению с группой 1А, достоверная связь этих показателей на этапе максимального охлаждения ($r= - 0.7$; $p<0.05$), что свидетельствует о более выраженных изменениях, обусловленных температурным режимом ИК. Кроме того, аналогичные группе 1А

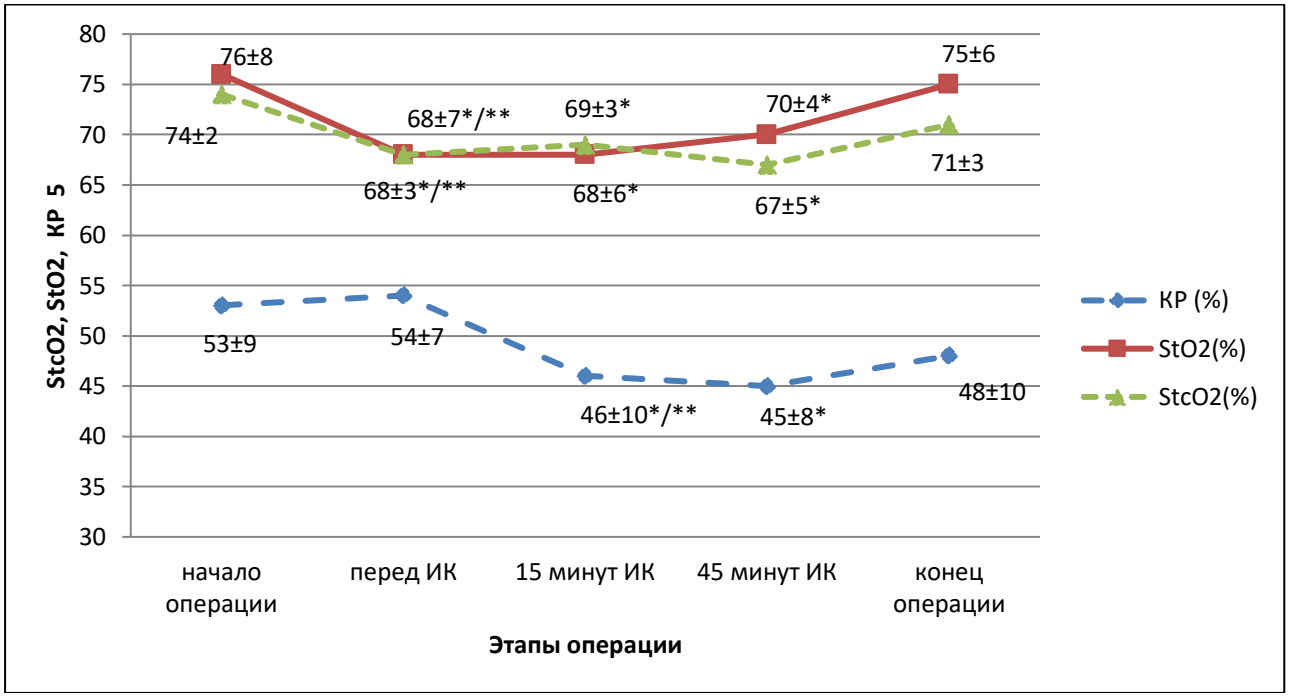
связи тканевой оксиметрии с парциальным давлением кислорода в центральной вене выявлены и в конце операции (r= 0.8; p<0.05).

При операциях в условиях ИК в гипотермичсеком режиме (температура центральная 28,0-29,0 С°) – (Группа 1С). Центральная температура в данной группе наблюдения достоверно снижалась относительно исхода на этапах ИК 15 минут, ИК 45 минут и была достоверно ниже по сравнению с группой 1А и группой 1В. На заключительном этапе центральная температура возвращалась к исходным значениям, была достоверно выше предыдущего этапа и не отличалась от температуры на этом же этапе исследования в предыдущих группах. Периферическая температура в течение всех этапов операции и ИК достоверно не изменялась и оставалась сниженной (30,0С°) и только в конце операции на фоне согревания была достоверно выше исхода операции и предыдущего этапа. В этой же группе отмечена сильная отрицательная корреляция StO_2 в конце операции с уровнем парциального давления кислорода в вене во время ИК (r= -0.9; p<0.05), чего не наблюдалось в предыдущих группах. Это свидетельствует о повышенном потреблении кислорода тканями после перенесенного циркуляторного ареста при сохраненной антеградной перфузии головного мозга, а, кроме того, объясняется дополнительным режимом согревания тела пациента.



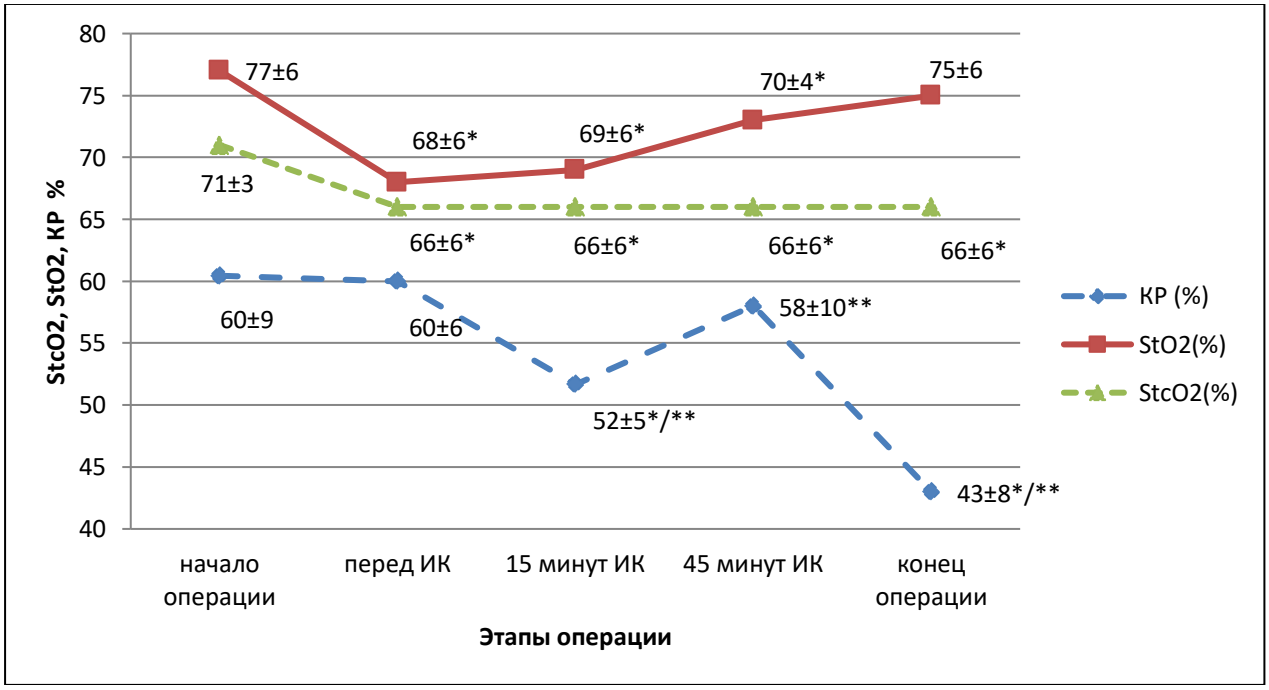
P < 0,05: * – относительно начала операции; ** – относительно предыдущего этапа.

Рисунок 1 – Динамика $StcO_2$, StO_2 и КР по этапам операции при нормотермическом режиме перфузии (группа 1А)



* – относительно начала операции; ** – относительно предыдущего этапа, $p < 0,05$

Рисунок 2 – Динамика $StcO_2$, StO_2 и КР по этапам операций при умеренно гипотермическом режиме перфузии (группа 1В)



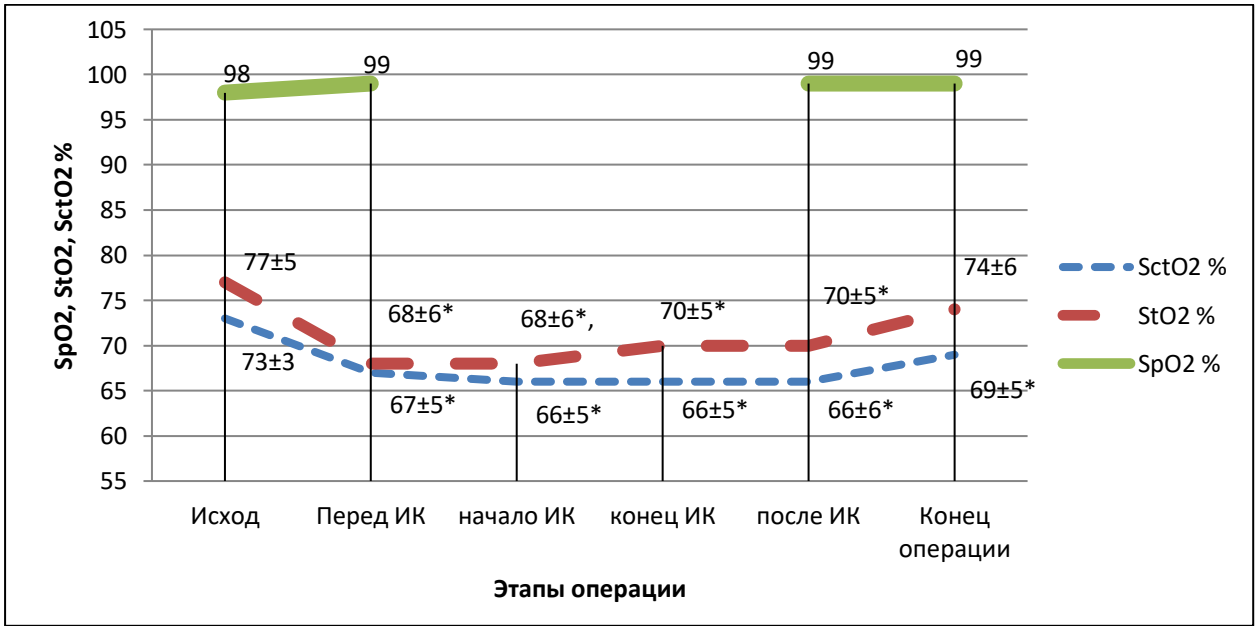
* – относительно начала операции; ** – относительно предыдущего этапа, $p < 0,05$

Рисунок 3 – Динамика $StcO_2$, StO_2 и КР по этапам операций при гипотермическом режиме перфузии (группа 1С)

Оценивая кислородный резерв, мы показали, что его повышение на этапе перед ИК относительно начал операции, а затем достоверное снижение в начале искусственного кровообращения происходит во всех группах наблюдения (Группа 1А, 1В, 1С). На этапе ИК 45 минут (минимальная температура) в группе 1С кислородный резерв достоверно повышается относительно предыдущего этапа операции только в этой группе наблюдения, достоверно отличается от группы 1А и 1В. Это свидетельствует о положительном влиянии гипотермии во время ИК. Адекватность оценки кислородного резерва подтверждена защитным действием перфузии в гипотермическом режиме на уровне тканевого метаболизма. В работе Fischer G. и соавт. (2010) также показано, что церебральная оксиметрия повышается во время кардиохирургических операциях в условиях глубокой гипотермии (12-15С°) на современном этапе кардиохирургии такие температурные режимы применяются все реже. В нашей работе мы показали, что $SctO_2$ при аналогичных операциях при гипотермии (28,0-29,0 С°) снижается по сравнению с началом операции как и при всех остальных температурных режимах искусственного кровообращения, но значения остаются в пределах нижней границы нормы. Параллельный мониторинг StO_2, а точнее, повышение ее показателей и, особенно, показатели ПАО доказывает положительные эффекты гипотермии в аспекте снижения потребления кислорода тканями еще в тот момент, когда ЦО не изменяется. Интересно отметить, что при разных температурах на 45 минут ИК (36,0; 32,0-33,0 и 28,0-29,0 С°) показатели $SctO_2$, StO_2 не отличались по величине. Это говорит о выборе адекватного режима перфузии во всех группах, а в группе 1С о целесообразности применения методики нейропротекции и органопротекции при операциях на восходящей и дуге аорты, кроме того о необходимости применения дополнительного воздушного согревания после искусственного кровообращения в режиме гипотермии (28,0-29,0 С°). Церебральная оксиметрия даёт непрерывный, оперативный контроль церебральной насыщаемости кислородом при отсутствии артериальной пульсации и церебральной перфузии, где мониторинг жизненно важных функций другими устройствами (то есть пульсоксиметрия) прекращает

функционировать [Fischer, G 2010]. Это было проанализировано при операциях на аорте в условиях полного циркуляторного ареста, параллельный мониторинг тканевой оксиметрии не проводился. Исходя из положений физиологии и патофизиологии известно, что для адекватных и точных показателей пульсоксиметрии необходим хороший кровоток в микроциркуляторном русле, другими словами, отсутствие спазма переферических сосудов и пульсирующий кровоток, который может быть только при наличии сердечного выброса [Шурыгин, И.А. 2000]. Искусственное кровообращение и остановка сердца превращают пульсирующий тип сосудистого кровотока в ламинарный, к этому добавляется спазм микроциркуляторного русла. Эти факторы отрицательно сказываются на возможности получения адекватных и достоверных показаний пульсоксиметра.

В нашей работе показано, что даже при всех неблагоприятных факторах, во время ИК, когда методы неинвазивного контроля сатурации артериальной крови становятся трудно интерпретируемыми, показатели регионарной оксиметрии остаются информативны.



* - по сравнению с началом операции, $p < 0,05$

Рисунок 4 – Динамика тканевой и церебральной оксиметрии и пульсоксиметрии в течение операции

Как видно из Рисунка 4, показатель пульсовой оксиметрии является корректным до начала искусственного кровообращения, во время ИК показатель SpO_2 отсутствует, и только в конце ИК мы вновь можем получить корректные данные пульсовой оксиметрии. Таким образом, динамика тканевой и церебральной оксигенации сопоставима с динамикой в группах исследования, описанных в предыдущих разделах. Во время ИК и остановки сердца регистрация параметров оксиметрии продолжается.

3.2 Оценка динамики тканевой и церебральной оксигенации при заборе аутокрови.

В исследовании динамики тканевой и церебральной оксигенации при заборе аутокрови вошли 65 пациентов. В зависимости от объема забранной аутокрови (мл/кг массы тела) они были разделены на две группы. Группу 2А составили пациенты (n = 36) с объемом забора аутокрови до 7 мл/кг массы тела. В группу 2В вошли пациенты (n = 29) с объемом забора аутокрови больше 7 мл/кг массы тела. В обеих группах стабильность гемодинамики обеспечивалась введением кристаллоидных растворов и/или перфузата из аппарата ИК. Результаты обследования по группам представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость динамики StO_2 и $SctO_2$, Hct%, АДср, ЦВД, СИ от объема эксфузии

Показатель	Группа 2А		Группа 2В	
	Объем < 7 мл/кг (n = 36)		Объем ≥ 7 мл/кг (n = 29)	
	До эксфузии	После эксфузии	До эксфузии	После эксфузии
$SctO_2$, (%)	71,3 ± 2,3	71,1 ± 2,2	70,3 ± 1,8	67,6 ± 1,78* #
StO_2, (%)	69,4 ± 2,42	70,14 ± 2,52	68,9 ± 2,23	66,44 ± 2,97* #
АДср. (мм рт. ст)	79 ± 10	77 ± 9	80 ± 11	77 ± 11
Hct, (%)	39,0 ± 2,05	38,0 ± 2,05	41,4 ± 1,86*	39,3 ± 1,84* #
ЦВД, (мм рт. ст)	8,78 ± 1,54	8,25 ± 1,38	9,48 ± 1,86	8,93 ± 1,44
СИ, (л/мин/м²)	1,5 ± 0,6	1,4 ± 0,4	1,6 ± 0,4	1,4 ± 0,5

* $p < 0,05$ по сравнению с группой 2А; # $p < 0,05$ между этапами

Анализ полученных данных показал, что перед эксфузией такие параметры, как $SctO_2$ (%), StO_2 (%), АДср, ЦВД, СИ, не различались между группами. После

эксфузии в группе 2В оба показателя регионарной оксиметрии, а именно StO_2 и $SctO_2$, снижались по сравнению с исходными значениями. Также наблюдалось достоверное снижение гематокрита крови. Достоверных изменений гемодинамики (АДср, ЦВД, СИ) не получено. Таким образом, исследования показали отсутствие влияния объема крови, забранной в количестве до 7 мл/кг массы тела, не только на центральную гемодинамику, но и на оксигенацию головного мозга и периферических тканей. Стремление увеличить количество эксфузируемой крови обусловлено линейной зависимостью состояния гемостаза и уменьшением количества донорской крови от объема нормоволемической гемодилюции [Трекова Н.А., 2002; Трекова Н.А., 2014]. Однако исследование показало, что при данном объеме эксфузии крови (более 7 мл/кг массы тела), при еще стабильном состоянии АД и ЦВД, уже наступают нарушения регионарной оксигенации. Объективные данные свидетельствуют в пользу аутогемотрансфузии непосредственно перед ИК, а не в начале операции, когда фактор времени может неблагоприятно влиять на регионарную оксигенацию, в первую очередь, головного мозга.

3.3 Оценка динамики тканевой оксигенации и кислородного резерва в зависимости от исходных значений тканевой оксигенации

В данной части исследования использовался ретроспективный анализ в зависимости от исходных показателей тканевой оксигенации. Пациенты (n = 98) были разделены на 3 группы. Группа 3А (n = 18) – пациенты с исходным уровнем тканевой оксигенации менее 70%. В этой группе отмечалось незначительное снижение StO_2 после вводной анестезии, кроме того, StO_2 оставалась ниже нормы на протяжении всей операции. Группу 3В (n = 68) составили пациенты, у которых тканевая оксигенация была исходно выше 70%, а перед ИК снижалась ($p < 0,05$) и оставалась низкой до конца операции (на уровне менее 70%). Группа 3С (n = 12) включала пациентов, у которых показатели тканевой оксигенации были стабильно высокими на протяжении всей анестезии.

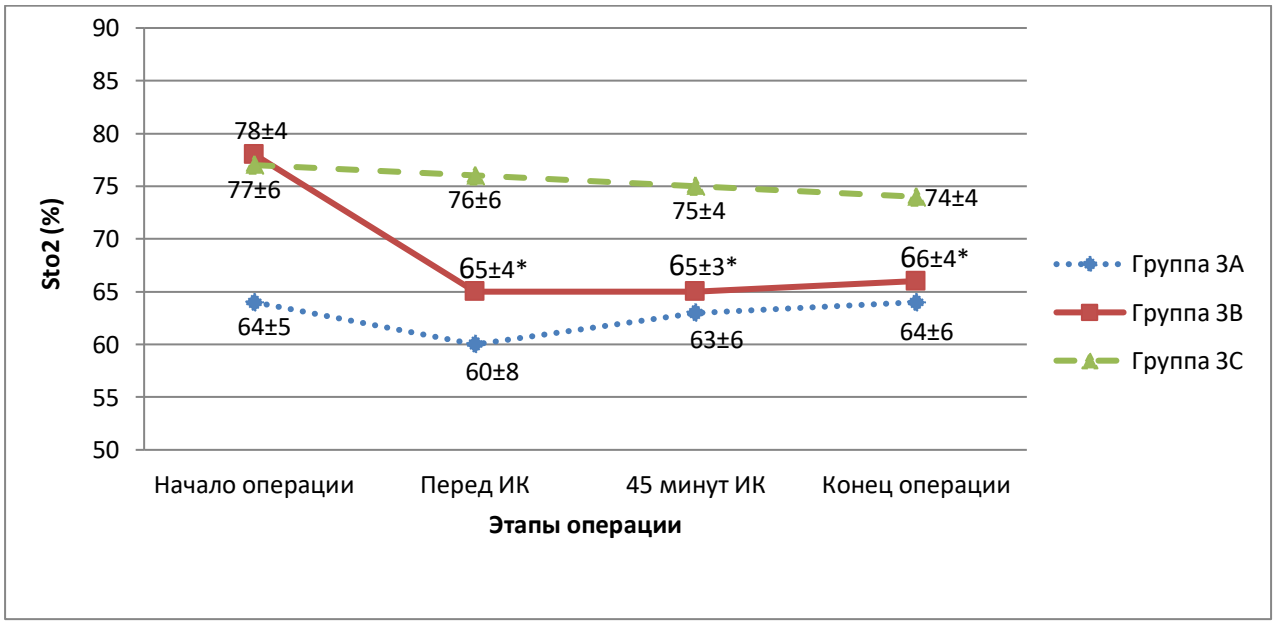
У всех обследуемых пациентов СИ находился в пределах 1,8 ± 0,4 л/мин/м^2 в начале операции и достоверно не отличался между группами наблюдений.

Значительного нарушения гемодинамики, обусловленного изменением артериального давления или нарушениями ритма, а также эпизодов неэффективного кровообращения не отмечалось. Показатели оксигенирующей функции легких располагались в пределах нормальных значений.

3.3.1 Динамика тканевой оксигенации

Полученные результаты показали, что в начале операции StO_2 в группе 3А была ниже, чем в группах 3В и 3С. Во время операции в группе 3А исходно низкие значения StO_2 оставались сниженными в предперфузионный период, во время ИК, в конце операции и не отличались от исхода. В группе 3С наблюдения с исходно нормальными значениями тканевой оксигенации StO_2 оставались на исходном уровне, не различались по этапам и были достоверно выше на всех этапах операции в сравнении с 3А и 3В группами. Наиболее динамичной оказалась StO_2 в группе 3В: исходно нормальные значения снизились в предперфузионный период до уровня StO_2 в группе 3С (< 70 %) и оставались низкими во время ИК и в конце операции, аналогично группе 3А.

Динамика показателей StO_2 по этапам операций внутри групп представлена на Рисунке 5.

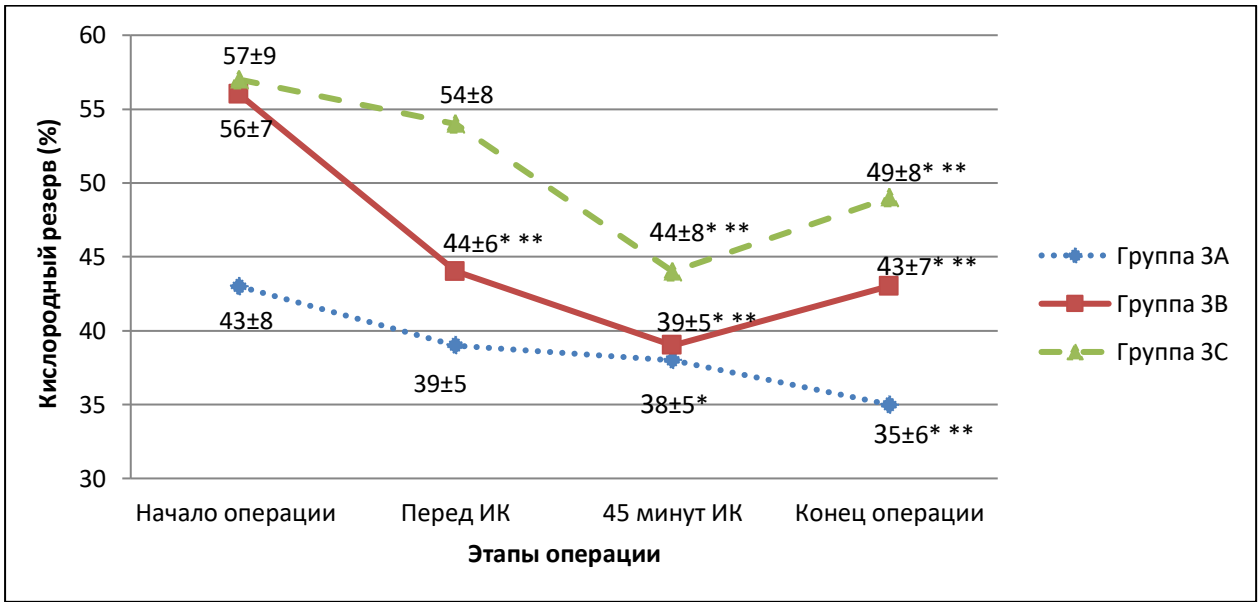


* - достоверные различия от начала операции, $p < 0,05$

Рисунок 5 – Динамика тканевой оксигенации StO_2 (%) в зависимости от этапа операций

3.3.2 Динамика кислородного резерва ткани

Кислородный резерв (КР) анализировался на тех же этапах операций для дополнительной оценки тканевой оксигенации. Достоверное снижение кислородного резерва уже на этапе перед ИК было отмечено только в группе 3В ($p < 0,05$), хотя тенденция к снижению КР имела место и у пациентов группы 3С. На этапе 45 минут ИК кислородный резерв достоверно снижался относительно начала операции во всех трех группах. Кроме того, в группах 3В и 3С КР достоверно снижался относительно и предыдущего этапа. В конце операции кислородный резерв продолжал снижаться относительно как начала операции, так и предыдущего этапа только в группе 3А с исходно низкими показателями тканевой оксиметрии. В группах 3В и 3С кислородный резерв оставался низким относительно начала операции, но достоверно повышался в сравнении с предыдущим этапом. Динамика КР представлена на Рисунке 6.



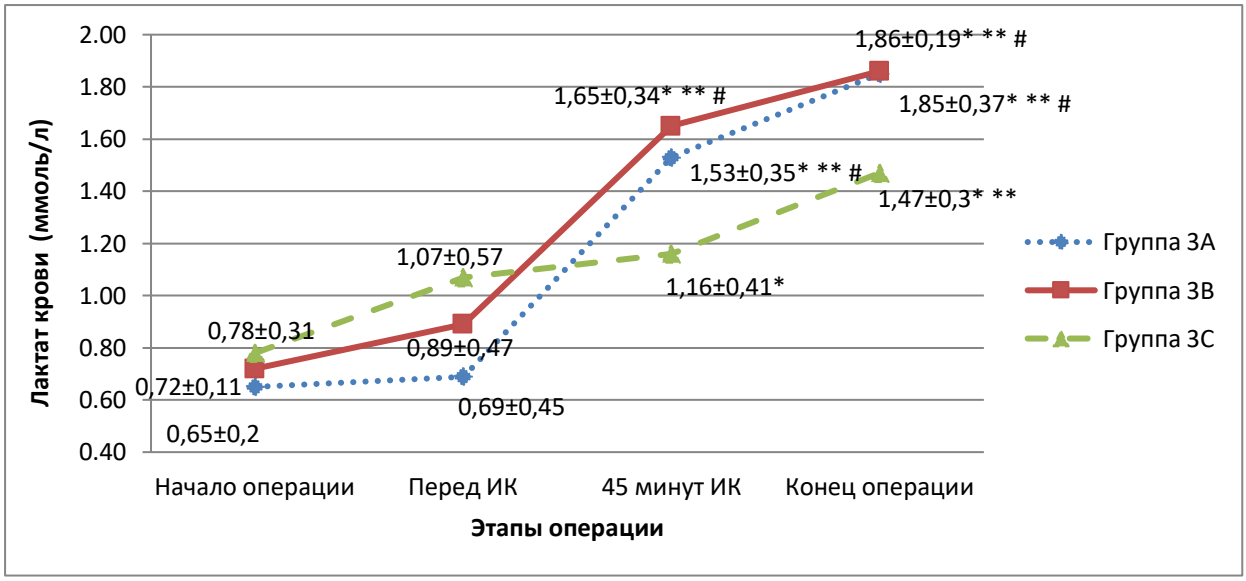
* – достоверные различия от начала операции, $p < 0,05$
** – достоверные различия от предыдущего этапа операции, $p < 0,05$

Рисунок 6 – Динамика изменения кислородного резерва (StO_2 min) на различных этапах операции

3.3.3 Динамика лактата крови в исследуемых группах

При анализе уровня лактата артериальной крови, как показателя эффективности кислородного транспорта, во всех исследуемых группах было выявлено его достоверное повышение на этапе 45 минут ИК и в конце операции относительно начала операции. Кроме того, в группах 3А и 3В лактат

артериальной крови достоверно повышался на этапе 45 минут ИК относительно предыдущего этапа. Уровень лактата артериальной крови в исходе и в предперфузионном периоде не различался по группам. На этапе 45 минут ИК во всех группах имело место достоверное увеличение его уровня в сравнении с исходом, но по абсолютному значению величины его оставались в нормальных пределах. В конце операции уровень лактата был выше как в сравнении с предыдущим этапом, так и в сравнении с началом операции, но по абсолютному значению не выходил за верхнюю границу нормы. При сравнительном анализе концентрация лактата крови была в 3А и 3В группах достоверно выше, чем в группе 3С, которая характеризовалась наименьшей отрицательной динамикой тканевой оксигенации. Динамика лактата крови представлена на Рисунке 7.

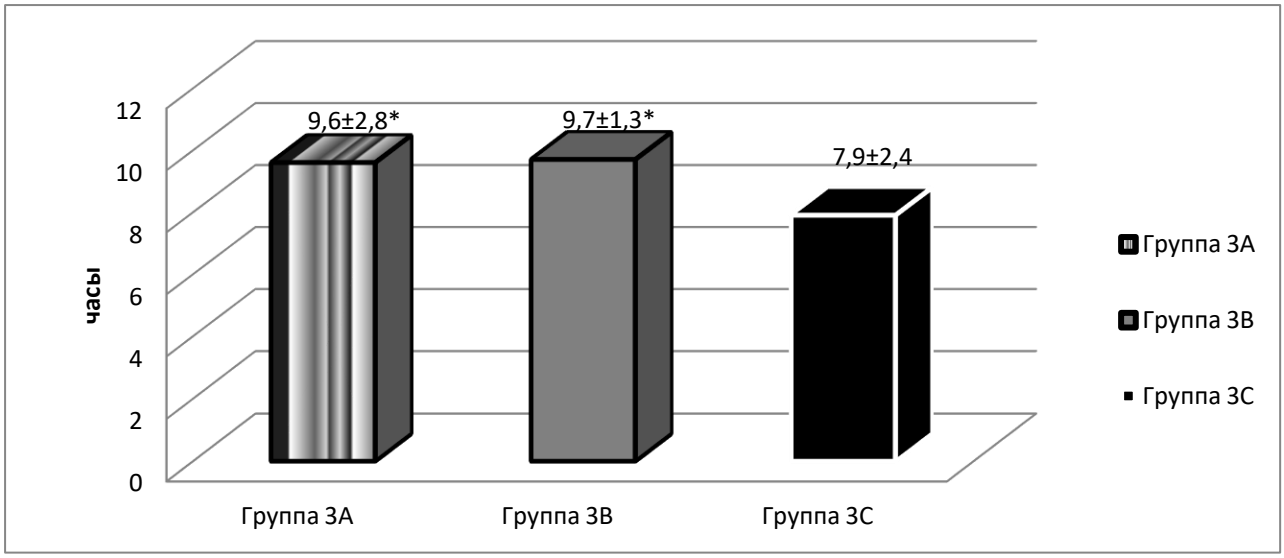


* – по сравнению с началом операции, ** – по сравнению с предыдущим этапом, # – по сравнению с группой 3С, $p < 0,05$

Рисунок 7 – Динамика лактата крови в группах в зависимости от этапа операции

3.3.4 Роль интраоперационной динамики StO_2 в прогнозировании длительности ИВЛ и сроках пребывания пациентов в ОРИТ

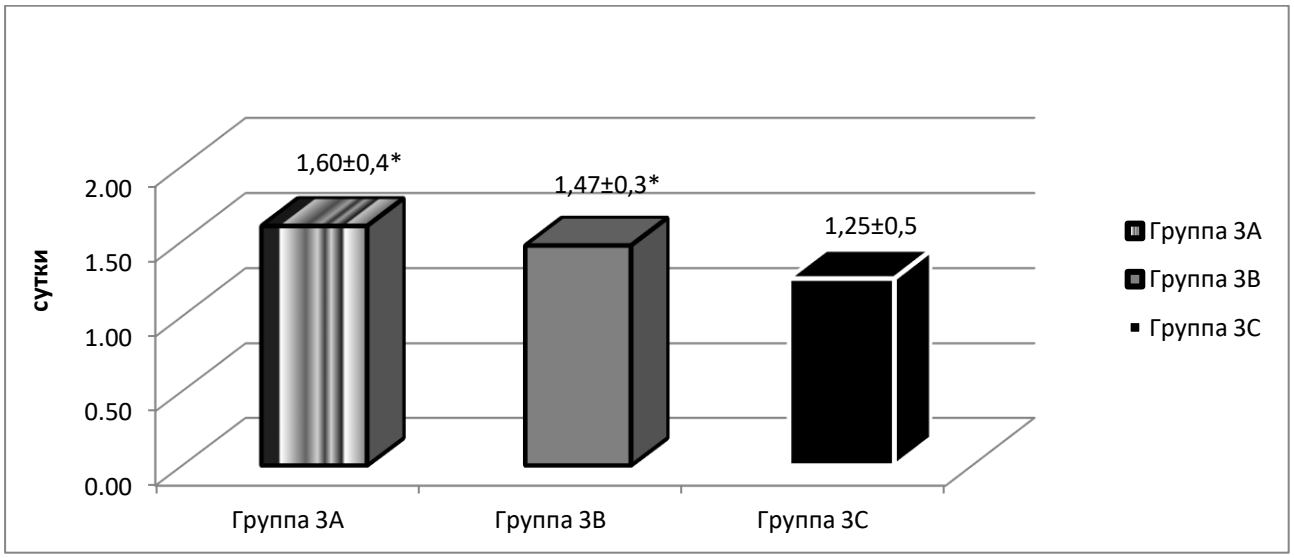
Анализ послеоперационной ИВЛ по группам показал, что группы 3А и 3В достоверно отличались по длительности ИВЛ от группы 3С. Наименьшее время ИВЛ отмечено в группе 3С, что сопровождалось самым низким уровнем лактата и стабильной динамикой тканевой оксиметрии. Данные анализа представлены на Рисунке 8.



* – p < 0,05 относительно группы 3С

Рисунок 8 – Длительность послеоперационной ИВЛ (час) в группах

Длительность пребывания в ОРИТ в группах 3А и 3В была выше по сравнению с группой 3С. Данные представлены на Рисунке 9.



* – p < 0,05 относительно группы 3С

Рисунок 9 – Длительность пребывания пациентов в ОРИТ

3.4 Оценка влияния инотропных средств и вазопрессоров на динамику церебральной и тканевой оксигенации

Анализ был проведен у 98 пациентов, оперированных по поводу ИБС и клапанной патологии сердца. Катехоламины вводили в постперфузионном периоде, после перехода на естественное кровообращение под контролем гемодинамики и ЧСС. Все пациенты были разделены на группы в зависимости от применения кардиотонических и вазоактивных средств.

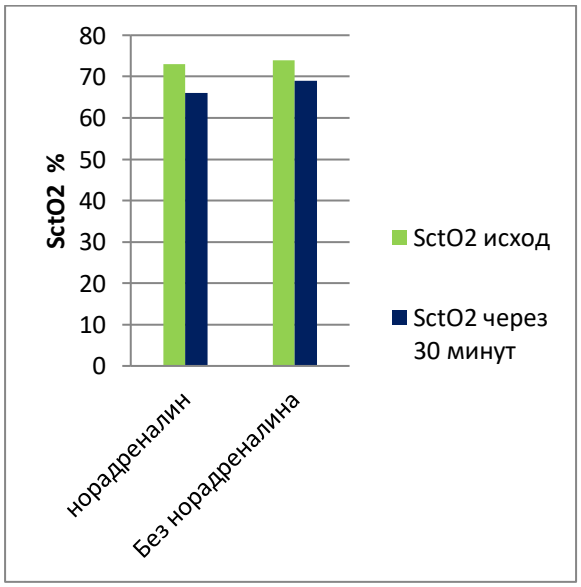
Ретроспективно оценивались взаимосвязи динамики StO_2 и $SctO_2$ более чем на 3 % от применения кардиотонических лекарственных средств – допамин (ДП) или вазопрессорных – норадреналин (НА). Показанием для введения НА служили признаки сосудистой недостаточности при нормальных показателях ЦВД, венозной оксигенации. Показанием для введения ДП служило наличие признаков сердечной недостаточности. Пациенты, которым требовалось одновременное назначение и ДП и НА из исследования были исключены (n = 5).

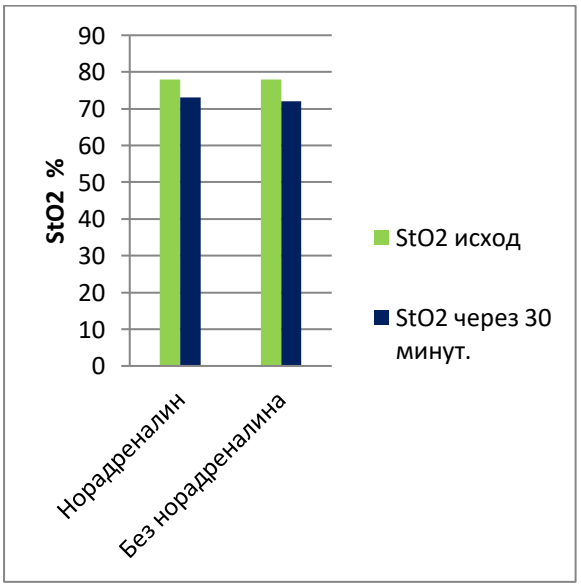
Контрольную группу составили 43 пациента без применения катехоламинов и вазопрессоров. Частота применения и доза сердечно-сосудистых средств представлены в Таблице 4.

Таблица 4 – Частота применения инотропных средств в постперфузионном периоде

Применение препаратов	Число наблюдений	%
Допамин (3–5 мкг/кг/мин)	34	34,7
Норадреналин (50–200 нг/кг/мин)	16	16,3
Совместное применение допамина и норадреналина	5	5,1
Без использования инотропных и вазоактивных препаратов	43	43,9

На Рисунке 10 представлена динамика церебральной оксиметрии в зависимости от применения норадреналина в дозах 50–200 нг/кг/мин.



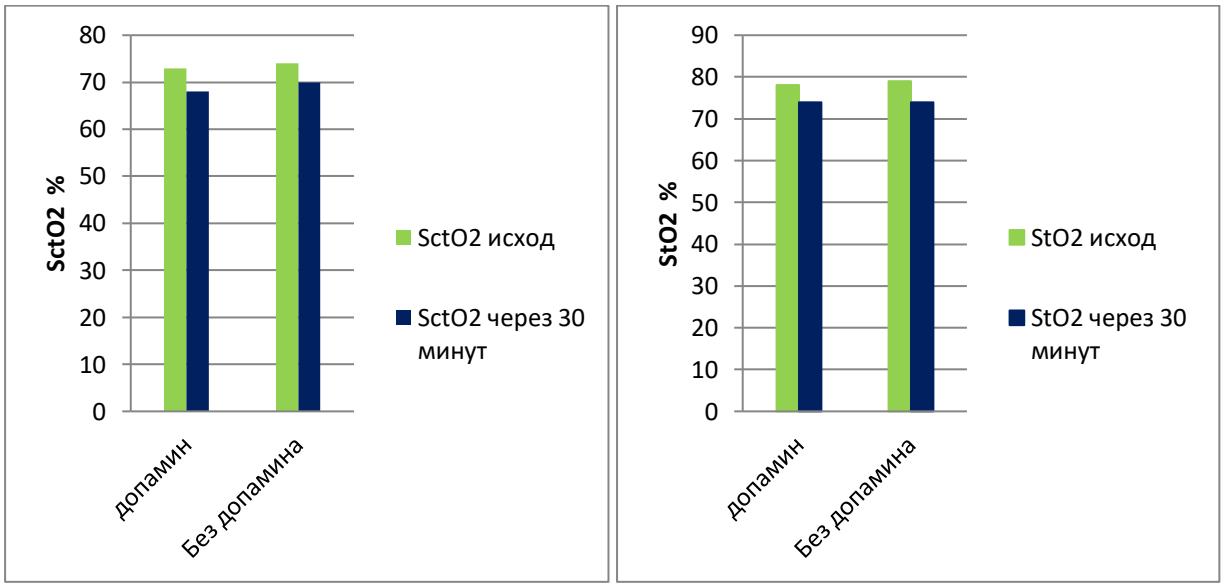


А В

Рисунок 10 – Динамика $SctO_2$ (А) и StO_2 (В) в зависимости от применения норадреналина

При статистическом анализе полученных данных выявлено, что $SctO_2$ в группе с применением НА снижалась в 73 % наблюдений, а в группе без применения НА в 79,2 % наблюдений. В свою очередь, StO_2 в группе с применением НА снижалась в 80 % наблюдений, а в контрольной группе в 86,7 % наблюдений. Однако при сравнении оцениваемых абсолютных значений показателей на фоне стабилизации АД достоверных различий между группами не выявлено ($p > 0,05$).

Далее проанализированы взаимосвязи динамики StO_2 и $SctO_2$ при применении ДП. Показанием для его введения служило наличие признаков сердечной недостаточности. Инфузия ДП осуществлялась в дозах 2,5–5 мкг/кг/мин в постперфузионный период 34 пациентам, что составило 34,7% от общего числа наблюдений. На Рисунке 11 представлена динамика тканевой оксиметрии в зависимости от применения допамина в дозах 2,5–5 мкг/кг/мин.



А В

Рисунок 11 – Динамика $SctO_2$ (А) и StO_2 (В) в зависимости от применения допамина

Частота снижения как церебральной, так и тканевой оксигенации в группе без применения катехоламина оказалась выше, а именно: $SctO_2$ в группе с допамином снижалась в 68 % наблюдений, а в контрольной группе, без применения кардиотропного средства, в 88 % наблюдений; StO_2 при применении допамина снижалась в 82,8% наблюдений, а в контрольной группе, без применения кардиотропного средства, в 87,5% случаев. Однако при сравнении

оцениваемых показателей достоверных различий между группами не получено ($p > 0,05$).

ВЫВОДЫ

1. Мониторинг тканевой оксиметрии и проведение пробы с артериальной окклюзией являются объективным показателем для оценки регионарной оксигенации во время анестезии при кардиохирургических операциях в условиях искусственного кровообращения.

2. Результаты оксиметрии при проведении пробы с артериальной окклюзией являются более информативным показателем состояния тканевой оксигенации, чем изолированный показатель тканевой оксигенации.

3. Тканевая оксигенация и кислородный резерв тканей снижаются во время анестезии и искусственного кровообращения при температурных режимах искусственного кровообращения (36,0 С°; 32,0-33,0 С°; 28,0-29,0 С°).

4. В предперфузионный период церебральная и тканевая оксиметрия находятся между собой в прямой зависимости. На этапе искусственного кровообращения при нормотермическом и умеренно гипотермичсеком режиме церебральная и тканевая оксигенация находятся в обратной зависимости.

5. При аутоэксфузии крови в объеме более 7 мл/кг массы тела регионарная оксигенация уменьшается относительно исходных значений, при сохранении гемодинамических показателей в пределах нормы.

6. Применение катехоламинов – допамина в дозах до 5 мкг/кг/мин и норадреналина в дозах 50–200 нг/кг/мин – при кардиохирургических операциях не оказывает влияние на динамику и уровень церебральной и тканевой оксигенации.

7. Низкий уровень тканевой оксигенации и кислородного резерва тканей в начале операции служит прогностическим признаком более длительной ИВЛ и большего времени пребывания в отделении реанимации.

8. Корректность оценки кислородного резерва тканей при пробе с артериальной окклюзией подтверждена снижением тканевого метаболизма на фоне глубокого охлаждения во время искусственного кровообращения.

Практические рекомендации

1. Для более информативной оценки динамики тканевой оксиметрии и выявления скрытых нарушений тканевой оксигенации во время кардиохирургических операций следует проводить пробу с артериальной окклюзией.

2. При проведении пробы с артериальной окклюзией следует рассматривать не только абсолютные значения, а разницу между StO_2 и StO_2 min для более объективной оценки StO_2.

3. Исходный уровень тканевой оксигенации и его динамика в течение операции могут служить предикторами более длительной ИВЛ в постоперационном периоде.

4. При определении оптимального объема и времени аутогемоэксфузии следует ориентироваться на динамику тканевой и церебральной оксиметрии. Забор аутокрови безопаснее проводить перед началом искусственного кровообращения.

5. При сложностях или невозможности использования мониторинга традиционной пульсоксиметрии можно ориентироваться на показатели регионарной оксиметрии.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Аксельрод Б.А. Мониторинг тканевой оксигенации во время кардиохирургических операций. Аксельрод Б.А., Толстова И.А., **Гуськов Д.А.** // Анестезиология и реаниматология. 2013. № 2. С. 19-24

2. Аксельрод Б.А. Анестезиологическое обеспечение реконструктивных операций на дуге аорты: нюансы органопротекции. Аксельрод Б.А., **Гуськов Д.А.**, Чарчян Э.Р., Федулова С.В., Ойстрах А.С., Еременко А.А., Локшин Л.С., Хачатрян З.Р., Медведева Л.А., Трекова Н.А. // Анестезиология и реаниматология. 2015. № 5. С. 26-31

3. Белов Ю.В. Защита головного мозга и внутренних органов при реконструктивных вмешательствах на дуге аорты: особенности интраоперационной тактики и мониторинга. Белов Ю.В., Чарчян Э.Р., Аксельрод Б.А., **Гуськов Д.А.**, Федулова С.В., Еременко А.А., Скворцов А.А., Хачатрян З.Р.,

Медведева Л.А., Ойстрах А.С. // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2016. Т. 20 №4. С. 34-44.

4. Трекова Н.А. Клинические аспекты динамики лактата при операциях на сердце и аорте в условиях искусственного кровообращения. Трекова Н.А., Аксельрод Б.А.. Юдичев И.И., **Гуськов Д.А.**, Маркин А.В., Панов А.М. // Анестезиология и реаниматология. 2016 Т. 61. № 5. С. 324-329.

5. **Гуськов Д.А.** Динамика показателей региональной оксигенации во время эксфузии аутокрови у кардиохирургических больных. **Гуськов Д.А.**, Аксельрод Б.А., Толстова И.А. // Сборник тезисов XVIII ежегодной сессии НЦССХ им. А.Н. Бакулева 18-20 мая 2014 г. Москва. стр. 102

6. Трекова Н.А. Влияние интраоперационной нормоволемической гемодилюции на гемостаз, кровопотерю и трансфузию донорских эритроцитов при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения. Трекова Н.А., **Гуськов Д.А.**, Аксельрод Б.А., Дымова О.В., Губко А.В., Гладышева В.Г. // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2018 Т. 15 № 4. С. 5-14.

Список сокращений.

$АД_{ср}$ – среднее артериальное давление
БИКС – близкая к инфракрасной спектроскопия
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
ДП - допамин
ИВЛ – искусственная вентиляция легких
ИК – искусственное кровообращение
КР – кислородный резерв
МНОАР – Московское научное общество анестезиологов-реаниматологов
НА - норадреналин
ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии
ПАО – проба артериальной окклюзии
СИ – сердечный индекс
ЦВД – центральное венозное давление
ASA – Американское общество анестезиологов (American Society of Anesthesiologists)
Hct – гематокрит
NIRS - near-infrared spectroscopy
rSO_2 – регионарная оксиметрия
$SctO_2$ –церебральная оксигенация
StO_2 –тканевая оксигенация