

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РСФСР
СВЕРДЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

А. Р. ГРЮНЕР

**К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
И АДЕКВАТНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО
КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ
НА ОТКРЫТОМ СЕРДЦЕ**

(14777 — хирургия)

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук**

Свердловск
1970

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РСФСР
СВЕРДЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

А. Р. ГРЮНЕР

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
И АДЕКВАТНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО
КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ
НА ОТКРЫТОМ СЕРДЦЕ

(14777 — хирургия)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Свердловск
1970

Работа выполнена на кафедре госпитальной хирургии педиатрического факультета (заведующий — доцент *М. С. Савичевский*) Свердловского Государственного медицинского института (ректор — доктор медицинских наук профессор *В. Н. Климов*).

Научный руководитель — доктор медицинских наук профессор *С. С. Соколов*.

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук профессор *М. И. Сахаров*,

доктор медицинских наук профессор *М. Л. Шулюко*

Отзыв дан Ленинградским государственным институтом усовершенствования врачей.

Автореферат разослан «*22*» *IX* 1971 г.

Защита состоится «*22*» *X* 1971 г. на заседании клинического Ученого Совета Свердловского Государственного медицинского института.

Адрес: ул. Репина, 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке медицинского института по адресу: ул. Ермакова, 7.

Ученый секретарь Совета доцент *З. М. Мельникова*.

Искусственное кровообращение является одним из основных методов обеспечения жизнедеятельности организма больного при хирургической коррекции пороков сердца, требующих исключения естественного кровообращения на время внутрисердечного этапа операции.

Несмотря на то, что со времени первой операции с искусственным кровообращением в нашей стране (А. А. Вишневский, 1957) до января 1968 года выполнено более пяти тысяч операций (М. Б. Ценциппер, 1969), летальность при этих операциях остается еще очень высокой и колеблется в пределах от 15,6% (Н. М. Амосов с соавт., 1968) до 32% (Г. К. Лебедева, 1967), что объясняется сложностью проблемы искусственного кровообращения, включающей технический, физиологический и хирургический аспекты (С. С. Брюхоненко, 1929; Ф. В. Баллюзек, 1962; Н. М. Амосов с соавт., 1962, и др.). Среди причин летальности значительное место занимают «перфузионные» осложнения (В. И. Бураковский с соавт., 1966), непосредственно связанные со степенью совершенства перфузионной аппаратуры и методикой искусственного кровообращения.

До последнего времени основным фактором обеспечения адекватности искусственного кровообращения считался рациональный выбор величин объемной скорости перфузии (ОСП). Спор между сторонниками высоких и низких режимов перфузии окончательно решился в пользу применения высоких объемных скоростей (С. А. Колесников, 1961; А. А. Вишневский с соавт., 1961; Ф. В. Баллюзек, 1962; Ю. Н. Бокарев, 1962; В. Н. Васильев, 1964; М. С. Маргулис, 1965; Б. В. Петровский и Г. М. Соловьев, 1966; Clark, 1957; Kirklin a. oth., 1957; Andersen, 1958; Bell a. oth., 1958; Clowes a. oth., 1958; Gross, 1959; Mc Goon a. oth., 1960, и мн. др.), однако, это не решает полностью проблемы обеспечения адекватности перфузии. Применение высокой ОСП не гарантирует от выраженных сдвигов внутренней среды организма больного, в частности, метаболического ацидоза, обусловленного так называемой «перфузионной» гипоксией тканей (А. Г. Бухтияров с соавт., 1961; Coffin

а. Ankeney, 1960; Krasna a. oth., 1961, и др.). Причиной нарушения окислительных процессов в организме больного является неравномерность кровотока в различных органах и тканях и несоответствие кровотока потребности тканей в кислороде (Г. М. Соловьев, 1965; Л. П. Чепкий и А. А. Циганий, 1966; Borst a. oth., 1963; Cordell a. oth., 1965, и др.). Гемодинамические нарушения, лежащие в основе этих нарушений, обусловлены комплексом защитно-приспособительных реакций в ответ на перфузию, которые укладываются в общую теорию адаптации организма к патологическим условиям (В. И. Бураковский с соавт., 1968), и заключаются в защитном перераспределении кровотока, централизации кровообращения и нарушении микроциркуляции по типу «сладжинга» (Г. М. Соловьев, 1965; В. П. Осипов и М. Я. Ходас, 1968; В. И. Бураковский с соавт., 1969; А. П. Колесов с соавт., 1969; Zuhdi a. oth., 1961; Long a. oth., 1963, и др.). В этих условиях для обеспечения адекватности перфузии первостепенное значение имеет регуляция периферического кровообращения (А. А. Бунятян, 1965; М. С. Маргулис, 1966; Б. В. Петровский с соавт., 1967; Lopez-Belio a. oth., 1960; Gunning, 1961; Gunning a. de Bono, 1962, и др.). Это приводит к необходимости пересмотра некоторых общепринятых критериев адекватности перфузии и вносит новые требования в методику ее проведения.

Самостоятельную проблему в обеспечении адекватности и безопасности перфузии представляют вопросы сочетания искусственного кровообращения с гипотермией, защиты миокарда от гипоксии при операциях на аортальных клапанах, проблема донорской крови и некоторые другие. О том, что проблема обеспечения безопасности и адекватности перфузии при операциях с искусственным кровообращением не утратила актуальности, несмотря на более, чем 10-летний опыт успешного клинического применения метода в нашей стране, свидетельствует то, что она была одной из центральных на XII научной сессии Института сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева АМН СССР, состоявшейся в мае 1969 года.

Приступив в 1965 году к операциям с искусственным кровообращением, мы поставили перед собой задачу выявить те моменты, от которых непосредственно зависит безопасность и адекватность искусственного кровообращения, и направили свои усилия на разработку мероприятий, обеспечивающих безопасность операции. Основными из них явились следующие: 1) усовершенствование имеющейся в нашем распоряжении аппарату-

ры искусственного кровообращения; 2) выявление влияния методики искусственного кровообращения на физиологичность течения перфузии; 3) определение роли гемодилюции для более успешного решения проблемы заполнения аппарата; 4) определение рационального объема контроля качества перфузии, позволяющего уже по ходу искусственного кровообращения наиболее полно судить об его адекватности; 5) выявление факторов, от которых зависит адекватность нормо- и гипотермической перфузии, в частности, роли объемной скорости кровотока, состояния периферического кровообращения, методики охлаждения и согревания больного и т. д.

Применению искусственного кровообращения в клинике предшествовало освоение метода в эксперименте, где была отработана техника операции, получен навык работы с аппаратурой искусственного кровообращения и намечен рациональный объем исследований с целью контроля качества перфузии, освоены соответствующие методики исследований. В клинике оперировано 138 больных, 66 лиц мужского пола и 72 женского. Возраст больных колебался от 4 до 47 лет, вес — от 11,5 до 76 кг. Характер заболеваний у оперированных больных, температурный режим перфузии и исходы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характер заболеваний, температурный режим перфузии и исходы у оперированных больных

№№ по пор.	Вид порока	Число больных	Характер перфузии		Исходы	
			нормотермическая	гипотермическая	выздоровели	умерли
1	Дефект межпредсердной перегородки (ДМПП)	41	34	7	40	1
2	ДМПП в сочетании с аномальным дренажом легочных вен	13	10	3	11	2
3	Тотальная транспозиция легочных вен	2	—	2	—	2
4	Дефект межжелудочковой перегородки (ДМЖП)	36	33	3	31	5
5	ДМЖП в сочетании с инфундулярным стенозом выходного отдела правого желудочка	8	1	7	4	4

№№ по пор.	Вид порока	Число больных	Характер перфузии		Исходы	
			нормотермическая	гипотермическая	выздоровели	умерли
6	ДМЖП в сочетании с недостаточностью аортальных клапанов, открытым артериальным протоком и коарктацией аорты	3	2	1	—	3
7	Клапанный или инфундибулярный стеноз легочной артерии	12	9	3	9	3
8	Общий атрио-вентрикулярный канал	1	—	1	—	1
9	Тетрада Фалло	6	3	3	2	4
10	Триада Фалло	5	3	2	5	—
11	Аорто-правожелудочковая фистула (разрыв аневризмы синуса Вальсальвы)	1	—	1	—	1
12	Клапанный стеноз устья аорты	5	4	1	4	1
13	Врожденная недостаточность митрального клапана	1	1	—	—	1
14	Митральный стеноз с кальцинозом клапанов	4	1	3	1	3
Всего . . .		138	101	37	107	31

Искусственное кровообращение проводилось отечественными аппаратами ИСЛ-2, ИСЛ-3 и АИК РП-64. Продолжительность перфузии варьировала в пределах от 9 до 106 (в среднем 36) минут. При 28 операциях искусственное кровообращение сочеталось с умеренной гипотермией (до 33,0—25,8° в пищеводе) и при 9 операциях произошло непредусмотренное снижение температуры тела больного во время перфузии.

Анестезия у всех больных проводилась по однотипной методике: эндотрахеальный наркоз с использованием в качестве основного наркотического вещества закиси азота, эфира и сочетания этих препаратов. Искусственная вентиляция легких проводилась преимущественно ручным способом в условиях тотальной кураризации недеполяризующими релаксантами.

Во время операции производился контроль ЭКГ и ЭЭГ, определялась степень насыщения артериальной и венозной крови кислородом, измерялась температура тела больного, артериальное и венозное давление, контролировалось состояние свертывающей системы и кислотно-щелочное равновесие крови. Кроме

того, производились клинические анализы крови, исследовалась выделительная функция почек и контролировался уровень свободного гемоглобина в плазме.

Для получения ЭЭГ использовался 8-канальный энцефалограф «Орион», запись ЭКГ (три стандартных отведения) осуществлялась с помощью самописца «Мингограф 42-В», на четвертом канале которого регистрировалось среднее артериальное давление (САД) в лучевой артерии. Измерение центрального венозного давления (ЦВД) в бассейне верхней и нижней полых вен производили с помощью флеботонометров В. А. Вальдмана. Степень кислородного насыщения крови определяли с помощью кюветного оксиметра 0-57 фирмы «Красногвардеец». При первых 54 операциях определяли pH артериальной крови с помощью pH-метра ЛП-59, при остальных перфузиях исследовали все компоненты кислотно-щелочного равновесия по микрометодике Аструпа.

У всех больных до операции и на различных этапах перфузии произведен расчет потребления кислорода (PO_2) и общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС). Весь цифровой материал обработан методом вариационной статистики.

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАННОЙ АППАРАТУРЫ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ, ВНЕСЕННЫЕ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И АДЕКВАТНОСТИ ПЕРФУЗИИ.

Уже в экспериментальных исследованиях и при первых операциях в клинике нами, наряду с положительными качествами, был отмечен ряд конструктивных недостатков аппарата ИСЛ-2, устранение которых позволило значительно повысить безопасность перфузии. К ним были отнесены: 1) недостаточная мощность оксигенатора, 2) неудовлетворительные условия для наблюдения за уровнем крови в нем, 3) недостаточная надежность системы для возврата крови из раны сердца и 4) необходимость сравнительно большого объема донорской крови для первичного заполнения аппарата.

В процессе первых 30 клинических перфузий было выявлено, что причиной низкого насыщения крови кислородом в оксигенаторе является недостаточное давление в смесительной камере вследствие конструктивного несовершенства ее клапана. Введение направляющей втулки для штока и увеличение веса клапана привело к стабилизации давления в смесительной ка-

мере и статистически достоверному ($P < 0,05$) улучшению функциональных качеств оксигенатора. Если до реконструкции клапана насыщение артериальной крови кислородом на отдельных этапах перфузии снижалось до $87 \pm 1,83\%$ — $90 \pm 0,98\%$, то после его реконструкции насыщение крови кислородом в течение всего периода перфузии поддерживалось на оптимальном уровне ($94 \pm 1,95\%$ — $96 \pm 0,13\%$). Осложнений в связи с возможной кислородной интоксикацией вследствие перенасыщения плазмы крови кислородом мы не наблюдали. Парциальное напряжение кислорода в артериальной крови больных при нормотермических перфузиях колебалось в пределах от $100 \pm 4,1$ мм рт. ст. в начале перфузии до $105 \pm 4,8$ мм рт. ст. к моменту окончания ее, а при гипотермических перфузиях — соответственно от $102 \pm 9,4$ до $116 \pm 11,6$ мм рт. ст.

Грозным осложнением искусственного кровообращения является воздушная эмболия, которая в 25—50% наблюдений приводит к летальному исходу (В. А. Воинов, 1969). На первые 42 перфузии в клинике мы имели один случай артериальной воздушной эмболии, причиной которой явилась своевременно не распознанная гиперкоагуляция крови в аппарате. Поэтому в дальнейшем для улучшения условий наблюдения за состоянием и уровнем крови в оксигенаторе резервуар артериального отстойника изготовлен из прозрачного материала и разработана система автоматического контроля уровня крови с использованием фотоэлемента.

Уже в экспериментальных исследованиях мы убедились в том, что имеющаяся в комплекте аппарата ИСЛ-2 система «коронарного» отсоса не обеспечивает своевременный возврат крови из раны сердца. Клинические наблюдения показали, что нередко за время перфузии из раны сердца отсасывается до 20 и более литров крови. Такая степень нагрузки на систему «коронарного» отсоса затрудняет своевременную эвакуацию крови из раны сердца, а поступление ее в венозный приемник приводит к нарушению дренирования крови из вен, что наблюдалось при 7 перфузиях на 39 первых операций и у одного больного явилось причиной неадекватной перфузии. В дальнейшем была разработана система «коронарного» отсоса, совершенно не влияющая на дренирующую часть аппарата, в которой «коронарная» кровь из вакуумного резервуара с помощью блока насосов от аппарата ИСЛ-3 подается непосредственно в оксигенатор.

С целью уменьшения расхода донорской крови и снижения

опасности развития синдрома гомологичной крови мы при операциях у детей младшего возраста (с весом от 11,5 до 17 кг.) для проведения общей перфузии организма применили аппараты ИСЛ-3 и АИК РП-64, предназначенные для регионарной перфузии. При этом были выявлены значительные недостатки каждого из них и поэтому в дальнейшем использовалась рациональная компоновка отдельных узлов этих аппаратов. Лучшей явилась система, аналогичная модификации М. С. Маргулиса и Р. Л. Розенталя (1968) с дополнительным насосом для эвакуации «коронарной» крови и необходимых при проведении перфузии с высокой объемной скоростью воздушной ловушкой-фильтром, демпфером и расходомером.

На основании данных литературы о преимуществах прямой перфузии обеих коронарных артерий с целью защиты миокарда от гипоксии (Д. Д. Бершаденко, 1965; Т. Л. Егоров, 1969; М. Л. Семеновский с соавт., 1969; Osborn, 1967; Eguchi a oth., 1968, и др.), нами на основе аппарата ИСЛ-3 разработана система для коронарной перфузии, включающая отдельные датчики давления и объема кровотока для каждой коронарной артерии, которая оказалась эффективной у всех больных, оперированных по поводу клапанного стеноза устья аорты. Осложнений, специфичных для неполноценной защиты миокарда, при перфузии обеих коронарных артерий, проводимой при том же температурном режиме, что и общая перфузия организма больного, не наблюдалось.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ПЕРФУЗИИ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ЕЕ БЕЗОПАСНОСТЬ И АДЕКВАТНОСТЬ

Опыт клинических перфузий показал, что безопасность и адекватность перфузии неразрывно связаны с методикой подготовки аппаратуры и проведения перфузии. В нашей практике наиболее актуальными явились следующие вопросы: 1) методика стерилизации аппарата, 2) особенности соединения аппарата с сосудистой системой больного, 3) особенности начального и конечного этапов перфузии, 4) проблема заполнения аппарата донорской кровью и 5) стабилизация температурного режима больного при проведении нормотермической перфузии.

Сравнение двух антисептиков (диацида и формалина) показало, что диацид является не вполне надежным средством для стерилизации аппаратуры искусственного кровообращения.

Рост патогенной микрофлоры из аппарата после стерилизации его этим препаратом (1:3000) получен дважды на 18 первых операций. В послеоперационном периоде у больных развились тяжелые инфекционные осложнения. Более надежным средством явился 10% раствор формалина. Целенаправленный бактериологический контроль, проведенный при 93 операциях, позволил выявить рост патогенной микрофлоры из аппарата после его стерилизации в 2 наблюдениях, но ни в одном из них это не привело к развитию инфекционных осложнений.

Как показал наш опыт, безопасность операции, проводимой с искусственным кровообращением, в значительной степени зависит от условий соединения экстракорпоральной системы с сосудистым руслом больного. Для обеспечения оптимальных условий дренирования венозной крови в аппарат, кроме рационального подбора диаметра венозных катетеров, большое значение имеет установление оптимального уровня сифона при использовании гравитационного принципа забора венозной крови в аппарат. Непрерывный контроль ЦВД позволяет своевременно выявлять нарушения дренирования крови из вен и принять меры для нормализации гемодинамики. Для подключения артериальной магистрали нами использовался получивший наибольшее распространение способ канюлирования наиболее крупного периферического сосуда — бедренной артерии. При этом уже в первый период работы было выявлено, что стремление использовать канюлю с максимальным диаметром может привести к отслоению интимы артерии, что ведет к неадекватности перфузии вплоть до полной невозможности ее проведения. В одном наблюдении такое нарушение стенки сосуда явилось причиной расстройства кровообращения в конечности. Дальнейший опыт показал, что денервация артерии, местное применение сосудорасширяющих средств, использование канюли, строго соответствующей диаметру сосуда, тщательное наложение шва после удаления канюли и проведение периапериальной новокаиновой блокады являются надежными мероприятиями для обеспечения адекватной перфузии и восстановления полноценного кровотока в конечности после операции.

Переход от самостоятельного кровообращения на полное выключение сердца и обратно мы проводили обязательно через период параллельного кровообращения. Кроме преимуществ, связанных с возможностью проверки исправности всех звеньев экстракорпоральной системы и устранения ее неисправностей в наиболее благоприятных условиях, период параллельного крово-

обращения оказался важным с точки зрения физиологичности перехода на искусственное кровообращение, так как облегчал адаптацию организма к новым условиям гемодинамики. В то же время чрезмерное удлинение периода параллельного кровообращения также было признано нецелесообразным. У части больных резкие колебания перфузионного баланса в этот период вызвали угнетение биоэлектрической активности коры головного мозга, а устранение этих колебаний в условиях изменяющейся производительности аппарата представляло трудную задачу. Значительно лучшие условия для установления перфузионного баланса создаются после перехода на полное искусственное кровообращение, поэтому при неосложненном течении параллельного кровообращения мы не видели оснований для продления его более 1—2 минут. Лишь у 1/4 части больных продолжительность этого периода колебалась в пределах 3—8 минут, что зависело от различных причин.

— Быстрое достижение оптимальной объемной скорости перфузии явилось вторым важным фактором профилактики острых нарушений гемодинамики в период перехода на искусственное кровообращение. Если в первый период работы мы начинали перфузию с объемной скоростью, составлявшей 60—70% от расчетной, то последующий опыт показал целесообразность начала перфузии с более высокой (не менее 80—90% расчетной ОСП) производительности артериального насоса. При этом нарушения перфузионного баланса были минимальными и угнетения биопотенциалов мозга практически не происходило.

В периоде полного искусственного кровообращения одним из основных условий для проведения физиологичной перфузии явилось поддержание динамического равновесия объемов крови в интра- и экстракорпоральном круге. Для динамического учета баланса крови производился тщательный учет объема крови в аппарате, кровопотери в операционном поле, а также количества вводимых по ходу перфузии крови и других жидкостей. Объем крови в оксигенаторе во время перфузии закономерно уменьшался на величину от 200 до 1500 мл в зависимости от использованной объемной скорости кровотока, продолжительности перфузии и величины кровопотери. После отключения аппарата уровень крови в оксигенаторе всегда был ниже, чем исходный, что связано с депонированием крови в организме больного.

После окончания перфузии во всех наблюдениях производился расчет кровопотери по формуле И. Д. Курелару. При этом было установлено, что расчет по формуле, облегчая учет баланса

крови, не может дать достоверного представления об объеме циркулирующей крови (ОЦК) в организме больного после операции. К моменту отключения аппарата дефицит крови в организме, согласно расчету по формуле, имелся у 36 больных в пределах от 30 до 550 мл (в среднем 200 ± 25 мл), тем не менее, дефицит ОЦК по клиническим данным имелся у значительно большего числа больных (116), в том числе у 78 больных, у которых объем крови в организме, согласно расчету по формуле, превышал доперфузионный на 20—660 мл (в среднем 203 ± 20 мл).

По нашему опыту, ценной методикой оценки и восполнения ОЦК после операции является проба Nixon a. oth. (1960), основанная на изучении вазомоторных рефлексов при дробном нагнетании крови в аорту. Внутриаартериальное нагнетание крови из аппарата производилось всем больным, у которых по клиническим данным имелся дефицит ОЦК после перфузии. У всех больных был отмечен четкий положительный эффект. Систолическое давление возросло с 70 ± 16 мм рт. ст. до 104 ± 15 мм рт. ст.

Решению проблемы донорской крови для заполнения аппарата способствовало осуществление следующих мероприятий:

1) Применение аппаратов ИСЛ-3 и АИК РП-64 для проведения общей перфузии у детей младшего возраста. Расход донорской крови на одну операцию уменьшился с $3,06 \pm 0,37$ л до $1,27 \pm 0,057$ л.

2) Использование принципа гемодилюции. Если при первых 60 операциях, проведенных без разведения крови, для заполнения аппарата ИСЛ-2 требовалось в среднем $3,06 \pm 0,037$ л крови, то при применении гемодилюции — только $2,12 \pm 0,057$ л. Экономия донорской крови при проведении 78 операций составила 68,8 л.

3) Повторное использование крови, остающейся в аппарате после перфузии, для переливания больным. Нами произведено 137 трансфузий крови из аппарата (31,6 л) больным с различными заболеваниями. При этом в периферической крови реципиентов было выявлено статистически достоверное увеличение гемоглобина и числа эритроцитов. Осложнений, связанных с методикой переливания «утильной» крови, выявлено не было, что позволило рассматривать ее как полноценную трансфузионную среду.

Клинические наблюдения убедили нас в целесообразности проведения специальных мероприятий для предупреждения охлаждения больного, неизменно наступающего при проведении перфузии вследствие контакта крови в экстракорпоральной системе с большими поверхностями аппарата и воздухом операци-

онной. Окончание перфузии на фоне неуправляемой гипотермии приводило к самосогреванию больного с большой энерготратой, о чем свидетельствовал сдвиг кислотно-щелочного равновесия крови в раннем послеоперационном периоде в кислую сторону. Метаболический ацидоз наблюдался у всех 9 больных, у которых произошло спонтанное охлаждение во время перфузии до $32,9$ — $33,8^\circ$ в пищеводе и $34,0$ — $34,9^\circ$ в прямой кишке. Дефицит оснований к моменту окончания перфузии составлял $-4,1 \pm 0,85$ м-экв/л, а в течение двух часов после перфузии $-3,6 \pm 1,2$ м-экв/л, несмотря на коррекцию. С целью профилактики этих сдвигов была разработана методика нормотермической перфузии, при которой температурный режим больного сохраняется на протяжении всего периода перфузии на близком к исходному уровню. В качестве терморегулирующего устройства при первых операциях мы использовали лабораторный термостат, а с 1968 года — специальную гипотермическую приставку, разработанную в клинике. Колебания температуры больного при 42 перфузиях, проведенных с использованием этой приставки, не превышали $\pm 0,5^\circ \text{C}$.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРФУЗИИ

По данным литературы, до настоящего времени не решен вопрос относительно практической ценности отдельных показателей адекватности перфузии и рационального объема исследований, поэтому нами проведен сравнительный анализ основных гемодинамических, метаболических показателей и показателей функционального состояния жизненно важных органов.

Артериальное давление во время перфузии претерпевало определенные закономерности. С началом перфузии оно снижалось, в среднем, с $80 \pm 1,4$ до $57 \pm 1,2$ мм рт. ст. или 71% от исходной величины. Причиной снижения АД в начале перфузии являлся меньший, по сравнению с естественным, минутный объем кровотока. После установления оптимальной (по показателям адекватности) ОСП артериальное давление зависело от состояния сосудистого тонуса больного и, как правило, возрастало параллельно с изменением ОПСС. Оптимальный уровень САД во время перфузии колебался в пределах от 50 до 70 мм рт. ст., о чем свидетельствовали хорошее функциональное состояние коры головного мозга, отсутствие выраженных нарушений периферического кровообращения и удовлетворительная выделительная функция почек.

Контроль за артериальным давлением во время перфузии имеет большое значение в связи с тем, что он позволяет оценить индивидуальную сосудистую реакцию больного на перфузию и своевременно принять меры для регуляции сосудистого тонуса. ОПСС во время перфузии целесообразно поддерживать на уровне $800—1500$ дин/сек. см⁻⁵. Более высокие цифры периферического сосудистого сопротивления свидетельствуют о чрезмерной вазоконстрикции, ухудшении капиллярного кровотока и опасности развития метаболических нарушений. Если при ОПСС $800—1200$ дин/сек. см⁻⁵ метаболический ацидоз был зарегистрирован у 4 из 15 больных (26,6%), то при более высоком ОПСС ($1200—1800$ дин/сек. см⁻⁵) накопление недоокисленных продуктов обмена со сдвигом кислотно-щелочного равновесия (КЩР) произошло у 22 из 52 больных (42,4%), а при периферическом сопротивлении $1800—3200$ дин/сек. см⁻⁵ метаболические нарушения возникли у 33 из 50 оперированных больных (66%).

Мы не могли установить определенной закономерности уровня ЦВД во время перфузии от величины ОСП, уровня АД и состояния ОПСС, но выявили четкую зависимость этого показателя от условий дренирования венозной крови в аппарат. В комплексе с состоянием перфузионного баланса ЦВД является важным показателем адекватности искусственного кровообращения.

Степень насыщения венозной крови кислородом характеризует метаболические процессы при искусственном кровообращении. Всеми авторами подчеркивается, что для обеспечения адекватной перфузии необходимо регулировать объемную скорость таким образом, чтобы насыщение венозной крови было не ниже 60—70%. В наших наблюдениях насыщение венозной крови кислородом ниже 60% было лишь при одной перфузии, но часто мы испытывали тревогу за адекватность перфузии при чрезмерно высоком насыщении венозной крови кислородом. Анализ трех групп больных с различным уровнем насыщения венозной крови кислородом показал, что по мере роста этого показателя происходило закономерное уменьшение артерио-венозной разницы (АВР) по кислороду, уменьшение потребления кислорода тканями организма и усиление метаболических нарушений у больных. При уровне насыщения венозной крови кислородом до 70% (I группа — 21 больной) АВР по O₂ составляла $26,4 \pm 1,1\%$, при насыщении венозной крови кислородом от 71 до 80% (II группа — 56 больных) — $20,0 \pm 0,2\%$, а при насы-

щении венозной крови кислородом в пределах от 81 до 91% (III группа — 24 больных) АВР по O_2 составила всего лишь $13,1 \pm 0,3\%$. Потребление кислорода составляло соответственно $3,72 \pm 0,14$, $3,05 \pm 0,06$ и $1,94 \pm 0,07$ мл/кг веса в минуту.

Если показатели КЩР к моменту окончания перфузии у больных I и II групп имели лишь наклонность к компенсированному метаболическому ацидозу (ВЕ соответственно $-1,8 \pm 0,9$ м-экв/л и $-1,8 \pm 0,8$ м-экв/л), то КЩР у III группы больных характеризовалась более выраженным метаболическим ацидозом со сдвигом ВЕ до $-4,2 \pm 0,3$ м-экв/л. Закономерное нарастание ОПСС от I к III группе больных (соответственно 1478 ± 53 , 1532 ± 40 и 1612 ± 56 дин/сек. см⁻⁵) свидетельствовало о том, что в основе нарушения метаболических процессов у больных с высоким насыщением венозной крови кислородом лежат расстройства периферического кровообращения, препятствующие утилизации кислорода.

Наиболее полное представление о степени удовлетворения потребности тканей в кислороде дает анализ КЩР внутренней среды организма больного. Основным видом нарушения КЩР во время перфузии явился метаболический ацидоз, который к моменту отключения аппарата, несмотря на коррекцию, наблюдался у 39 из 76 обследованных больных (51,3%). Его возникновение можно было связать с недостаточной ОСП ($64 - 87$ мл/кг/мин) лишь у 8 больных. У 22 больных, у которых перфузия проводилась с высокой объемной скоростью (свыше 100 мл/кг/мин) причиной метаболического ацидоза явился дефицит кислорода в крови (насыщение артериальной крови $97 \pm 0,6\%$, венозной — $78 \pm 1,4\%$), а ухудшение условий для его утилизации. Низкое потребление кислорода ($2,8 \pm 0,25$ мл/кг/мин. против $5,63 \pm 0,23$ мл/кг/мин. до операции) при высоком насыщении венозной крови кислородом (у 15 больных — выше 80%) свидетельствовало о шунтировании крови через артерио-венозные анастомозы и реакции централизации кровообращения, что подтверждается также высокими цифрами ОПСС (1824 ± 135 дин/сек. см⁻⁵ в начале перфузии и 2038 ± 116 дин/сек. см⁻⁵ к моменту ее окончания).

Угнетение биоэлектрической активности коры головного мозга явилось первым сигналом нарушения нормального течения перфузии у 41,4% больных, что позволило у большинства из них принять соответствующие меры для его нормализации. Лишь у 3,3% больных изменения ЭЭГ свидетельствовали о возникновении необратимых повреждений мозга. В ряде наблюде-

ний хорошие показатели ЭЭГ не исключали неадекватности общей перфузии организма больного.

Сравнение ценности основных показателей адекватности перфузии показывает, что всесторонняя оценка качества перфузии возможна лишь при использовании комплекса показателей, отражающих гемодинамику, метаболические процессы и функциональное состояние жизненно важных органов.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ АДЕКВАТНОСТИ ПЕРФУЗИИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

Как показали данные наших наблюдений, одним из основных принципов обеспечения адекватности перфузии является проведение ее с высокой объемной скоростью. Сравнение трех групп больных с различным режимом перфузии показало, что по мере увеличения ОСП закономерно возрастало потребление кислорода и уменьшалось число больных, у которых к моменту окончания перфузии развивался метаболический ацидоз. При ОСП, равной $75 \pm 1,3$ мл/кг веса в минуту (40 больных) ПО_2 на 1 кг веса больного в минуту составило $2,42 \pm 0,7$ мл, при объеме перфузии $106 \pm 0,8$ мл/кг/мин — $2,94 \pm 0,14$ мл (58 больных), а при производительности аппарата свыше 121 мл/кг веса больного в минуту — $3,55 \pm 0,2$ мл (38 больных). Частота развития метаболического ацидоза оказалась соответственно равной 62,5%; 43,1% и 39,5%.

Из табл. 2 видно, что наиболее адекватными были перфузии, проведенные с объемной скоростью, близкой или равной величине минутного объема сердца (МОС) больного. Совершенно неадекватной оказалась ОСП, составлявшая 50—70% МОС больного (I—III группы больных). Перфузии у этих больных характеризовались большой частотой развития метаболического ацидоза (в I группе у всех больных, во II — у 56% и в III группе — у 53,8% больных). Метаболические нарушения у этих больных нельзя было объяснить только недостаточной ОСП. АВР по O_2 у первых трех групп больных в начале перфузии была выше, а величина ПО_2 практически такой же, что и у V—VI групп больных, где метаболические нарушения возникли лишь у 37,5% и 28,6% больных. Причина метаболического ацидоза у больных, перфузируемых с низкой объемной скоростью (I группа больных), заключалась не в недостатке кислорода в циркулирующей крови, а в нарушении условий для его утилизации тканями организма, о чем свидетельствовало снижение

Таблица 2

Зависимость некоторых показателей гемодинамики и метаболизма при нормотермической перфузии от степени соответствия величины объемной скорости перфузии сердечному индексу больного

Группы больных		I группа		II группа		III группа		IV группа		V группа		VI группа		VII группа	
Величина ОСП в % к сердечному индексу		до 50		51—60		61—70		71—80		81—90		91—100		свыше 100	
Этап перфузии		начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец
1. Насыщение артер. крови O ₂ (в % %)	$\pm M$ $\pm m$ n	84,3 2,8 3	91,0 4,8 3	90,0 1,0 16	94,0 0,9 16	93,4 1,1 26	95,2 0,5 23	97,0 0,5 16	96,0 0,7 16	96,0 2,2 8	97,0 0,7 8	98,5 0,9 6	98,1 0,4 6	96,7 0,6 15	96,0 0,7 15
2. Насыщение венозной крови O ₂ (в % %)	$\pm M$ $\pm m$ n	60,3 2,4 3	75,0 2,8 3	73,0 2,3 14	74,0 2,4 14	73,0 1,9 26	75,9 0,1 23	76,4 2,4 16	75,0 1,7 16	80,0 3,6 8	80,0 1,4 8	81,5 3,5 6	79,5 0,3 6	78,0 1,5 15	77,0 2,0 15
3. АВР по O ₂ (в % %)	$\pm M$ $\pm m$ n	24,0 2,4 3	16,3 2,8 3	21,0 1,2 18	19,0 1,5 17	20,0 1,8 26	19,7 1,4 23	20,3 2,0 16	21,0 1,5 16	17,4 2,3 8	17,5 1,1 8	17,7 2,8 6	18,5 3,1 6	18,0 1,1 15	19,0 2,0 15
4. ПО ₂ (мл/кг/мин)	$\pm M$ $\pm m$ n	2,58 0,65 3	1,91 0,23 3	2,71 0,25 16	2,48 0,3 12	3,55 0,4 26	3,02 0,1 18	2,88 0,3 16	3,08 0,3 13	2,62 0,5 8	2,83 0,24 6	2,56 0,4 6	2,65 0,9 3	3,17 0,26 14	3,37 0,33 13
5. ОПСС (дин/сек. см ⁻⁵)	$\pm M$ $\pm m$ n	1189 213 3	1332 213 3	1514 466 16	1622 186 15	1459 80 26	1621 493 24	1598 186 16	1732 159 16	1878 160 8	2051 133 8	1572 67 7	1625 133 6	1252 133 15	1478 133 15
6. Степень возрастания ОПСС в % к исходному		111		108		111		108		110		104		118	
7. Число больных с метаболическим ацидозом		3 (100%)		9 (56%)		14 (53,8%)		9 (56%)		3 (37,5%)		2 (28,6%)		—	
8. Величина ПИ в % к среднему СИ человека		95		101		104		111		107		115		127	

Обозначения: ОСП—объемная скорость перфузии, АВР—артерио-венозная разница, ПО₂—потребление кислорода, ОПСС—общее периферическое сосудистое сопротивление, ПИ—перфузионный индекс, СИ—сердечный индекс.

PO_2 по ходу перфузии (с $2,58 \pm 0,65$ до $1,91 \pm 0,22$ мл/кг мин) и одновременное возрастание степени насыщения венозной крови кислородом (с $60,3 \pm 2,4\%$ до $75 \pm 2,8\%$). Такая динамика метаболических показателей является характерной для артерио-венозного шунтирования крови и свидетельствует о неадекватности перфузии, проводимой с таким объемом кровотока.

Совершенно иная динамика метаболических показателей наблюдалась по мере приближения ОСП к МОС больного (IV—VII группы больных). Прежде всего было отмечено резкое снижение числа неадекватных перфузий по данным КЩР крови. Удельный вес больных с метаболическим ацидозом к моменту окончания перфузии снизился с 56% у больных IV группы до 28,6% (VI группа больных). При объеме перфузии, превышающем МОС больного (VII группа больных), метаболический ацидоз вообще не наблюдался. Для всех этих больных с самого начала перфузии было характерным высокое насыщение венозной крови кислородом (в пределах от $76,4 \pm 2,4$ до $81,5 \pm 3,5\%$) и соответственно несколько меньшая, чем у I—III групп больных АВР по O_2 (от $20,3 \pm 2,0\%$ до $17,4 \pm 2,3\%$). Усиления шунтирования крови через артерио-венозные анастомозы по ходу перфузии не отмечено. АВР по O_2 и PO_2 у VI—VII групп больных по мере увеличения продолжительности перфузии даже возрастали, что можно рассматривать как отражение благоприятного процесса, способствовавшего лучшему удовлетворению потребностей тканей организма в кислороде. ОПСС во время перфузии увеличивалось на 4—18% от исходного уровня, однако, ОСП, близкая к величине МОС больного обеспечивала, несмотря на это, достаточный периферический кровоток.

На основании полученных данных мы пришли к выводу о нецелесообразности расчета ОСП по величине среднего сердечного индекса (ССИ) здорового человека в условиях основного обмена. У больных с врожденными пороками сердца при этом не учитываются особенности окислительных процессов в зависимости от анатомической формы порока, шунтирования крови через патологические сообщения между большим и малым кругом кровообращения и т. д. Об этом свидетельствовал и малый диапазон различий ОСП, отнесенной к этому показателю, у приведенных 7 групп больных. Если степень соответствия ОСП действительному МОС больного колебалась в пределах от 41,7% до 217%, то степень соответствия ее величине ССИ человека ($3 \text{ л/м}^2/\text{мин}$) колебалась в значительно меньшем диапазоне

не (от 95 до 127%). Если рассматривать ОСП, превышающую 75% ССИ как высокую, то мы можем прийти к ошибочному выводу относительно адекватности избранного режима перфузии. Подтверждением этого явились три первые группы больных, у которых искусственное кровообращение протекало в явно неадекватных условиях, в то время как ОСП соответствовала не 75, а даже 95 и 104% среднего сердечного индекса.

Однако величина ОСП — не единственный фактор обеспечения адекватности перфузии, о чем свидетельствует развитие метаболического ацидоза у больных, несмотря на использование высоких режимов перфузии (сохранился у 28,6—37,5% больных при использовании ОСП, равной 91—100% МОС больного). Общей закономерностью изменения гемодинамики во время перфузии явилось постепенное нарастание ОПСС: при нормотермических перфузиях в среднем до 135% от исходной величины, а при гипотермических — до 182%. Следствием ухудшения условий тканевого кровотока явилось снижение потребления кислорода организмом, которое при нормотермических перфузиях составило 55—71% от исходной величины, а при гипотермических перфузиях — 39—52%. Если при гипотермических перфузиях причиной снижения потребления кислорода в значительной мере явилось снижение интенсивности метаболических процессов под влиянием охлаждения, то при нормотермических перфузиях оно было обусловлено расстройством периферического кровотока. Частота развития метаболического ацидоза, являющаяся показателем гипоксии тканей и активации процессов анаэробного гликолиза, находилась в прямой зависимости от состояния ОПСС.

Не менее важным условием обеспечения адекватности перфузии, чем использование высоких режимов перфузии, является проведение мероприятий по улучшению периферического кровообращения. Регуляция сосудистого тонуса с помощью медикаментозных препаратов (пентамин, арфонад, гигроний) была применена в первый период работы при 12 операциях. В дальнейшем мы пришли к убеждению, что применение вазоплегических препаратов целесообразно лишь при продолжительных гипотермических перфузиях. При всех остальных операциях достаточно эффективным мероприятием для регуляции периферического кровообращения явилось применение гемодилюции с помощью желатиноля (в пределах от 10 до 40% к суммарному объему циркулирующей крови и кровезаменителя). Применение желатиноля привело к значительному снижению вазоконстри-

кции во время перфузии, что способствовало улучшению тканевого метаболизма и уменьшению частоты развития и степени тяжести метаболического ацидоза у больных. Если ОПСС при первых 58 операциях, проведенных с использованием только донорской крови, без разведения кровезаменителем, составила в среднем 1838 ± 67 дин/сек·см⁻⁵, то у 76 больных, оперированных в условиях гемодилюции, ОПСС была равной 1398 ± 47 дин/сек·см⁻⁵ ($P < 0,05$). Число больных, у которых во время перфузии развился метаболический ацидоз, уменьшилось с 60,3% до 34,2%. Дефицит оснований во время перфузии у первой группы больных составил $-6,3 \pm 0,6$ м-экв/л., а при перфузиях, проведенных в условиях гемодилюции — $-4,4 \pm 0,5$ м-экв/л. Более выраженная наклонность к дефициту оснований в раннем послеоперационном периоде была характерна также для первой группы больных. Оптимальным уровнем разведения крови оказалась гемодилюция в пределах от 21 до 30%.

ИСКУССТВЕННОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ В СОЧЕТАНИИ С ГИПОТЕРМИЕЙ

По мере совершенствования перфузионной аппаратуры показания к применению гипотермической перфузии сужаются, так как появляется возможность устранения все большего числа пороков сердца в условиях искусственного кровообращения при нормальной температуре тела больного. К тому же при гипотермической перфузии отмечается более выраженный, чем при нормотермии, спазм периферических сосудов, более резкое усиление активности симпатно-адреналовой системы, упрочение связи гемоглобина с кислородом, спазм почечных сосудов с угнетением выделительной функции почек и т. д. Большую роль при этом играет неравномерность охлаждения и согревания больного, обусловленная неравномерностью кровотока в центральных и периферических органах, что приводит к «пятнистости» уровней обмена с развитием тканевой гипоксии и метаболического ацидоза.

В первый период работы (1965—67 г. г.) мы считали показанным сочетание искусственного кровообращения с умеренной гипотермией при всех операциях, требовавших выключения сердца из кровообращения на срок свыше 30—40 минут. Опасаясь недостаточности миокарда в раннем послеоперационном периоде вследствие гипоксии его во время перфузии, мы прибегали к охлаждению у всех больных с выраженной гипертрофией желу-

дочков сердца и высокой легочной гипертонией. Всего на 60 первых операций произведено 20 гипотермических перфузий. Проведенные мероприятия по улучшению используемой нами аппаратуры искусственного кровообращения и накопление опыта явились причиной пересмотра показаний к применению метода гипотермической перфузии. В последующем мы прибегали к охлаждению лишь при операциях, требовавших выключения сердца из кровообращения на срок свыше 1 часа. На 78 операций преднамеренное охлаждение использовали у 8 больных.

Методика охлаждения и согревания имеет первостепенное значение для профилактики патофизиологических сдвигов в организме больного. Сравнительный анализ состояния ОПСС, PO_2 и КЩР у 2 групп больных, у которых применялась обычная методика гипотермической перфузии—быстрое охлаждение и согревание (15 больных) и «ступенчатое» (А. А. Бунятян, 1965) охлаждение и согревание (13 больных) показал, что требованиям обеспечения адекватности перфузии наиболее полно отвечает последняя. В обеих группах больных происходило закономерное, статистически достоверное, снижение PO_2 на 15—20 минуте перфузии (к моменту достижения заданного уровня охлаждения больного), которое было обусловлено специфическим воздействием охлаждения, так как при нормотермических перфузиях PO_2 на всем протяжении искусственного кровообращения находилось приблизительно на одном уровне ($2,92 \pm 0,18$ — $3,12 \pm 0,21$ мл/кг в минуту). По мере согревания больного наблюдалась различная динамика PO_2 в зависимости от методики гипотермической перфузии. При «ступенчатом» согревании больного величина PO_2 увеличивалась и составляла к моменту отключения аппарата и полного согревания больного $2,5 \pm 0,3$ мл/кг в минуту (85% от исходного уровня). При быстром изменении температурного режима по мере согревания больного соответствующего увеличения PO_2 не происходило, наоборот, оно снижалось еще больше (с $2,65 \pm 0,65$ до $2,12 \pm 0,43$ мл/кг/мин), составляя к моменту окончания перфузии только 73,1% от исходного уровня.

Причина несоответствия утилизации кислорода температуре тела больного заключалась в расстройстве периферического кровообращения, о чем свидетельствует динамика ОПСС. Если при «ступенчатом» охлаждении и согревании больного ОПСС на всех этапах перфузии находилось в пределах нормальных величин (от 1398 ± 106 до 1505 ± 133 дин/сек·см⁻⁵), то при быст-

ром охлаждения больного ОПСС было более высоким уже на 5 минуте перфузии (1731 ± 133 дин/сек·см⁻⁵), на 15 минуте превышало верхнюю границу нормы (1811 ± 133 дин/сек·см⁻⁵) и в дальнейшем резко возрастало, достигая к 45 минуте перфузии 142% от исходного уровня (2464 ± 120 дин/сек·см⁻⁵). Более выраженная реакция тонуса периферических сосудов на быстрое охлаждение по сравнению с методикой «ступенчатого» охлаждения статистически достоверна ($P < 0,05$).

Об ухудшении процессов метаболизма при высоком периферическом сосудистом сопротивлении свидетельствовали изменения КЩР, которое характеризовалось более выраженным метаболическим ацидозом у больных с быстрым изменением температурного режима ($BE - 5,9 \pm 0,7$ м-экв/л), чем при «ступенчатом» охлаждении и согревании ($BE - 4,1 \pm 0,5$ м-экв/л). Если у больных со «ступенчатым» изменением температурного режима показатели КЩР после коррекции метаболического ацидоза бикарбонатом натрия или трис-буфером полностью нормализовались, то в группе больных с быстрым охлаждением и согреванием дефицит оснований сохранялся как после коррекции ацидоза ($BE - 3,2 \pm 0,4$ м-экв/л), так и к моменту окончания перфузии ($BE - 3,8 \pm 0,5$ м-экв/л).

Так же, как при перфузиях, проводимых при нормальной температуре тела, при гипотермических перфузиях наступало значительное улучшение периферического кровообращения под влиянием гемодилюции желатинолем. При перфузиях, проводимых на донорской крови без разведения (23 наблюдения), ОПСС, нормальное в начале перфузии (1598 ± 106 дин/сек·см⁻⁵), по мере увеличения продолжительности перфузии закономерно возрастало, превышая на 30 минуте перфузии нормальную величину (1998 ± 240 дин/сек·см⁻⁵) и достигая к моменту ее окончания 129% от исходного уровня. При перфузиях, проводимых в условиях гемодилюции (12 наблюдений) величина ОПСС удерживалась в пределах нормальных величин в течение всего периода искусственного кровообращения, превышая исходный уровень в момент его окончания всего лишь на 9% (1372 ± 226 дин/сек·см⁻⁵). Об улучшении условий для утилизации кислорода тканями организма при гипотермических перфузиях, проводившихся в условиях гемодилюции, свидетельствовало уменьшение числа больных, у которых к моменту окончания искусственного кровообращения возникал метаболический ацидоз (у 15 из 23 больных, оперированных без гемодилюции, и только у 4 из 12 больных, оперированных с гемодилюцией).

Для проведения управляемой гипотермической перфузии (в частности, «ступенчатого» охлаждения и согревания больного) большое значение имеет наличие надежных средств для регуляции температуры крови в теплообменнике аппарата искусственного кровообращения. Эффективным средством явилась разработанная в клинике гипотермическая приставка к аппарату с полуавтоматическим управлением. Применение этой приставки в течение последних 2 лет подтверждает высокую степень надежности ее для регуляции температуры больного при проведении гипотермической перфузии.

ВЫВОДЫ

1. Проведение безопасной перфузии находится в прямой зависимости от степени совершенства перфузионной аппаратуры. В процессе использования аппарата искусственного кровообращения ИСЛ-2 был выявлен ряд конструктивных недостатков, устранение которых позволило значительно повысить его надежность и безопасность перфузии. В частности, изменение конструкции клапана смесительной камеры оксигенатора позволило улучшить режим его работы и стабилизировать процесс насыщения крови кислородом на оптимальном уровне, для профилактики воздушной эмболии разработана эффективная система автоматического контроля уровня крови в оксигенаторе, а использование дополнительного насоса позволило создать надежную систему для своевременного возврата крови из ран сердца.

2. Для проведения перфузии у детей с небольшим весом принципиальное значение имеет применение аппарата с небольшим объемом заполнения. Надежной моделью является аппарат, собранный из узлов аппаратов, предназначенных для регионарной перфузии, ИСЛ-3 и АИК РП-64 после некоторых усовершенствований. Блочный принцип конструирования аппаратуры искусственного кровообращения облегчает решение задачи наиболее полноценного поддержания жизнедеятельности организма в каждом конкретном случае.

3. Важным звеном обеспечения безопасности операции с искусственным кровообращением является надежная стерилизация аппарата. Принципиальное значение имеет выбор антисептика для «химической» стерилизации. Сравнение двух препаратов — диазида и формалина — показало явные преимущества последнего.

4. В методике проведения перфузии большое значение имеет характер начала и окончания искусственного кровообращения. Переход на полное искусственное кровообращение и отключение аппарата через этап параллельного кровообращения способствует лучшей адаптации организма больного к резко меняющимся условиям гемодинамики, предупреждает гипоксию жизненно важных органов во время перфузии и обеспечивает лучшее восстановление сократительной способности миокарда после операции.

5. В периоде полного выключения сердца и легких из кровообращения особенное внимание следует уделять сохранению баланса крови в организме больного, а после отключения аппарата — своевременному восстановлению объема циркулирующей крови. Эффективным мероприятием для восстановления объема крови в организме больного является методика дробного нагнетания крови в аорту под контролем вазомоторных рефлексов.

6. В решении проблемы донорской крови эффективными мероприятиями являются дальнейшее совершенствование перфузионной аппаратуры, использование принципа разведения крови, а также использование крови, остающейся в аппарате, для повторной перфузии или переливания больным.

7. Надежным методом защиты миокарда при операциях на аортальных клапанах является прямая перфузия обеих коронарных артерий оксигенированной кровью при том же температурном режиме, при котором проводится общая перфузия организма больного. Эффективным средством для проведения коронарной перфузии является приставка к аппарату искусственного кровообращения, включающая отдельные датчики давления и объема кровотока для каждой коронарной артерии.

8. Судить о степени адекватности проводимой перфузии можно лишь опираясь на комплекс показателей, характеризующих гемодинамику, метаболические процессы и функциональное состояние жизненно важных органов. Основными из этих показателей, кроме контроля объемной скорости и температурного режима перфузии, являются контроль артериального и венозного (особенно в верхней полой вене) давления, величины общего периферического сосудистого сопротивления, степени насыщения венозной крови кислородом, состояния кислотно-щелочного равновесия и электроэнцефалограммы.

9. Основными условиями обеспечения адекватности перфузии являются проведение ее с высокой объемной скоростью,

приближающейся к величине минутного объема сердца больного, и регуляция периферического кровообращения. Эффективным средством улучшения периферического кровотока (микроциркуляции) является разведение крови желатинолем.

10. Совершенствование технического обеспечения операций с искусственным кровообращением, использование принципа высоких объемных скоростей перфузии и регуляция периферической микроциркуляции позволяют проводить адекватные нормотермические перфузии при коррекции большинства врожденных пороков, требующих выключения сердца из кровообращения сроком до 40—60 минут.

11. При более продолжительных перфузиях целесообразно сочетать искусственное кровообращение с умеренным охлаждением больного. Фактор охлаждения при гипотермической перфузии приводит к более выраженной вазоконстрикции и нарушению периферического кровообращения с развитием гипоксии тканей и метаболического ацидоза. Для профилактики этих сдвигов в организме больного необходимо проводить «ступенчатое» охлаждение и согревание больного. Важным фактором улучшения микроциркуляции при гипотермической перфузии, как и при проводимой в условиях нормальной температуры тела больного, является разведение крови желатинолем. При использовании принципа гемодилюции ОПСС удерживается в течение всего периода перфузии в пределах нормальных величин и создается меньше предпосылок для развития метаболических нарушений.

12. Надежным средством терморегуляции при проведении гипотермической перфузии является разработанная в клинике приставка к аппарату искусственного кровообращения с полуавтоматическим управлением.

РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Первый опыт клинического применения искусственного кровообращения. Материалы XXIX годичной научной сессии Свердловского медицинского института, Свердловск, 1966, стр. 67—68. Совместно с С. С. Соколовым, Р. М. Шевченко, А. В. Житковым, Ю. И. Обатиным.

2. Показатели свертывающей и противосвертывающей систем крови при операциях в условиях искусственного кровообращения. Тезисы докладов, представленных на конкурс-симпозиум молодых ученых по проблеме «Артериальные тромбозы и эмболии». Свердловск, 1966, 32. Совместно с И. В. Халиковой и М. В. Красной.

3. Лечение и профилактика осложнений в раннем послеоперационном периоде у больных, оперированных в условиях экстракорпорального кровообращения. Вопросы восстановительной хирургии и реаниматологии. Кемерово, 1967, часть I, стр. 99—100. Совместно с С. С. Соколовым и А. А. Поповым.

4. Наш опыт хирургического лечения врожденных пороков сердца в условиях искусственного кровообращения. Клинические вопросы хирургии сердца и крупных сосудов. Свердловск, 1968, стр. 135—146. Совместно с С. С. Соколовым, Р. М. Шевченко, М. С. Савичевским, И. В. Халиковой и М. В. Красной.

5. Искусственное кровообращение в сочетании с гипотермией в хирургии открытого сердца. Клинические вопросы хирургии сердца и крупных сосудов. Свердловск, 1968, стр. 157—167.

6. Обеспечение безопасности и адекватности перфузии при операциях с экстракорпоральным кровообращением. Клинические вопросы хирургии сердца и крупных сосудов. Свердловск, 1968, стр. 167—182. Совместно с С. С. Соколовым.

7. Трансфузия цельной гепаринизированной крови после использования ее для искусственного кровообращения. Клинические вопросы хирургии сердца и крупных сосудов. Свердловск, 1968, стр. 211—214. Совместно с Р. М. Шевченко и И. В. Халиковой.

8. Первый опыт операций на открытом сердце в условиях экстракорпорального кровообращения на Урале. Кровообращение, 1969, II, 3, стр. 16—21. Совместно с С. С. Соколовым, А. А. Поповым, Э. М. Идовым, В. М. Егоровым.

9. Обеспечение адекватности и безопасности экстракорпорального кровообращения при операциях на открытом сердце. Материалы XII научной сессии ИССХ им. А. Н. Бакулева АМН СССР, 12—15 мая 1969 г., стр. 39—41. Совместно с С. С. Соколовым, Э. М. Идовым, В. М. Егоровым, А. А. Поповым.

10. Кислотно-щелочное состояние и электролитный обмен при операциях с экстракорпоральным кровообращением. Материалы XII научной сессии ИССХ им. А. Н. Бакулева АМН СССР, 12—15 мая 1969 г., стр. 69—71. Совместно с С. С. Соколовым, В. М. Егоровым, М. В. Красной и Э. М. Идовым.

11. Применение гипотермии при операциях на сердце и в ближайшем послеоперационном периоде. Труды Третьего съезда хирургов Российской Федерации. Горький, 1969, стр. 184—188. Совместно с С. С. Соколовым.

12. Об обеспечении безопасности искусственного кровообращения, проводимого аппаратом ИСЛ-2. Экспериментальная хирургия и анестезиология, 1969, 6, стр. 79—82. Совместно с С. С. Соколовым.

13. К вопросу использования гемодилюции в искусственном кровообращении при операциях на открытом сердце. Материалы 32 и 33-ей годовичных научных сессий СГМИ. Свердловск, 1970, стр. 164—165. Совместно с С. С. Соколовым, Р. М. Шевченко, Э. М. Идовым, В. М. Егоровым, А. А. Поповым.

14. Дыхательная функция крови и кислотно-щелочное состояние после операций с экстракорпоральным кровообращением. Материалы 32 и 33-ей годовичных научных сессий СГМИ. Свердловск, 1970, стр. 167—168. Совместно с С. С. Соколовым, Р. М. Шевченко, В. М. Егоровым, Э. М. Идовым, А. А. Поповым.

15. К вопросу об использовании метода управляемой гемодилюции в искусственном кровообращении. Материалы Всероссийской конференции хирургов, посвященной 100-летию со дня рождения В. И. Ленина. Казань, 1970, стр. 173—174. Совместно с Р. М. Шевченко, Э. М. Идовым, В. М. Егоровым.

16. Применение гемодилюции в искусственном кровообращении при операциях на открытом сердце. Грудная хирургия, 1971, I, стр. 26—31. Совместно с С. С. Соколовым, Э. М. Идовым, В. М. Егоровым, И. В. Халиковой.

**МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИИ БЫЛИ ДОЛОЖЕНЫ
НА СЛЕДУЮЩИХ КОНФЕРЕНЦИЯХ:**

1. На «3-ей научно-практической конференции анестезиологов», 16—17 ноября 1966 г., г. Свердловск.
2. На конкурсе-симпозиуме молодых ученых «Артериальные тромбозы и эмболии», г. Свердловск, 16—19 ноября 1966 г.
3. На XXX годичной научной сессии Свердловского медицинского института, г. Свердловск, 30 марта 1967 г.
4. На Третьем Всероссийском съезде хирургов, г. Горький, 26—29 июня 1967 г.
5. На Научной сессии НИИКиЭХ МЗ СССР и кафедры грудной хирургии и анестезиологии Новокузнецкого ГИДУВа, г. Новокузнецк, 1967 г.
6. На заседании Хирургического общества г. Свердловска и области, 25 марта 1968 г.
7. На XXXI юбилейной научной сессии Свердловского медицинского института, г. Свердловск, 17 апреля 1968 г.
8. На XII научной сессии Института сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева АМН СССР, г. Москва, 12—15 мая 1969 г.
9. На 33-ей годичной научной сессии Свердловского медицинского института, г. Свердловск, 17—20 марта 1970 г.
10. На заседании Анестезиологического общества, г. Свердловска и области, 15 апреля 1970 г.
11. На Всероссийской конференции хирургов, посвященной 100-летию со дня рождения В. И. Ленина, г. Казань, 5—7 мая 1970 г.
12. На XV научно-практической конференции работников службы крови Свердловской области, г. Свердловск, 21—23 октября 1970 г.
13. На 34-ой годичной научной сессии Свердловского медицинского института, г. Свердловск, 18 марта 1971 г.