

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Красноярский государственный
медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-
Ясенецкого" Министерства здравоохранения Российской Федерации
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава
России

Кафедра анестезиологии и реаниматологии ИПО

Реферат на тему:
«Искусственное кровообращение»

Выполнил: ординатор 2
года
Жуков А.В.

Красноярск, 2021

История развития экстракорпорального кровообращения

Перфузиология – относительно молодая область медицины. Немногим более 50 лет прошло с тех пор, когда первые сердечнолегочные машины были успешно применены в клинике. Начиная с этого момента, параллельно с развитием кардиохирургии, совершенствовались перфузионные технологии и методики проведения ИК. Клиническому применению метода предшествовал длительный экспериментальный период, начало которому было положено в 1813 г., когда Le Gallois выдвинул гипотезу о том, что жизнь может быть сохранена путем перфузии любой части организма, даже если эту часть отделить от тела. XIX и начало XX столетия – это время экспериментальной перфузиологии, когда изучалась физиология кровообращения, разрабатывались устройства для нагнетания и оксигенации крови, решались вопросы свертываемости и совместимости, а точнее, несовместимости донорской крови.

Эксперименты проводились на животных или на частях тела гильотинированных преступников. Над разрешением идеи оживления человека после смерти трудились выдающиеся физиологи того времени. Искусственное кровообращение рассматривалось ими как перспективный метод решения этой задачи. Технические приспособления того времени были несовершенны. Развитие метода сдерживалось в связи с нерешенной проблемой свертывания крови. Открытие такого современного антикоагулянта, как гепарин и групп способствовало решению проблем свертывания и трансфузионных осложнений при ИК.

Автором метода и прототипа современного аппарата искусственного кровообращения является советский ученый – патофизиолог С. С. Брюхоненко. В 20-е годы XX в., изучая причины лихорадочных состояний и механизмы терморегуляции, он начал разрабатывать методику переживания изолированной головы собаки, жизнь которой поддерживалась с помощью изобретенного им аппарата – автожектора. Эти эксперименты начиная с 1925 г. широко демонстрировались на съездах физиологов и патологов, в том числе в присутствии зарубежных специалистов. На научную общественность производило неизгладимое впечатление, когда отделенная от тела и лежащая на блюде голова собаки в течение нескольких часов сохраняла целый ряд признаков жизни. Познакомившись с С. С. Брюхоненко, и под впечатлением от его исследований А. Беляев написал свой фантастический роман «Голова профессора Доуэля».

После разработки первого оксигенатора – пенного азратора (совместно с В. Д. Янковским) стало возможно проводить полноценное ИК в современном его понимании. Сначала С. С. Брюхоненко применял автожектор для «оживления организма из состояния клинической смерти», а потом и при внутрисердечных операциях, которые с 1929 г. проводил совместно с Н. Н. Терebinским. Суть эксперимента заключалась в искусственном создании и последующем устранении различных пороков и дефектов клапанов у собак в условиях ИК. Результаты исследований были опубликованы во французском журнале физиологии и общей патологии в 1929 г.

Описывая метод и аппарат ИК, Брюхоненко указывал: «Решение проблемы кровообращения всего организма открывает дорогу произведению операций на сердце (например, на клапанах его)». Кроме изобретения автожектора, который был запатентован в Англии, Германии, Франции, С. С. Брюхоненко разрабатывал фундаментальные направления, которые переросли в современные экстракорпоральные технологии. В его лаборатории проводились опыты с применением системной гипотермии, в том числе с целью защиты миокарда, предполагалось использование ИК для решения задач трансплантологии.

Идея «оживления из состояния клинической смерти» нашла свое практическое развитие в методиках вспомогательного кровообращения. Концепция о возможности экстракорпорального кровообращения развивалась и во всем мире. В 1937 г. J. Gibbon высказался об ИК как о методе, способном обеспечить сердечную хирургию. Он отметил, что машина в состоянии заменить

функцию сердца и легких, давая возможность хирургу устранять внутрисердечные пороки под контролем зрения в относительно сухом и обескровленном поле, в то время как мозг, миокард, печень, почки и другие ткани будут получать адекватный поток оксигенированной крови из аппарата «сердце – легкие».

Долгая работа исследователей увенчалась успехом 6 мая 1953 г., когда J. Gibbon выполнил первую успешную операцию ушивания межпредсердного дефекта на открытом работающем сердце в условиях полного сердечно-легочного обхода. С этого момента начался клинический этап развития перфузиологии.

В 50-е и 60-е годы XX в. во всем мире, особенно в Северной Америке и Европе, наблюдался настоящий «бум» использования экстракорпорального кровообращения (ЭКК). В нашей стране первые операции с ИК были выполнены в институте, руководимом А. А. Вишневым, в 1957 г. История развития ИК в нашем Центре началась после образования Института грудной хирургии, где сразу была создана экспериментальная группа под руководством В. С. Раевского, а затем 1960 г. – лаборатория искусственного кровообращения, руководимая М. Е. Кламмером. В 1959 г. в Институт приехала группа американских кардиохирургов под руководством Melrose, которые совместно с нашими сотрудниками выполнили несколько операций с ИК. Проведение ИК в то время было сопряжено с большой затратой времени и труда. Модели используемых аппаратов состояли из физиологических узлов многоразового применения, требовали для своего заполнения большого объема донорской крови (до 4–6 л), были сложны в управлении и крайне ненадежны.

Массивная гемотрансфузия с ее осложнениями, неадекватное анестезиологическое пособие и перфузионное обеспечение, агрессивность материалов экстракорпорального контура делали процедуру ИК травматичной и опасной. На протяжении 50 лет с момента первой успешной операции на открытом сердце происходило постоянное усовершенствование аппаратов, появлялись оксигенаторы и экстракорпоральные контуры с минимальными первичными объемами заполнения, внедрялись новые биосовместимые материалы. Все это должно было минимизировать неблагоприятное воздействие перфузии на организм.

Разработка и внедрение гемодилюции (Panico, Neptune, 1959), гипотермии в сочетании с искусственным кровообращением (Sealy, 1958) и защиты миокарда (Melrose, 1955) способствовали оптимизации перфузионного протокола и повлекли за собой ряд фундаментальных исследований, посвященных изучению патофизиологических и клинических аспектов этих направлений.

Основы проведения искусственного кровообращения

Искусственное кровообращение можно определить как метод, позволяющий временно замещать функцию сердца и легких при помощи механического и физиологического блоков аппарата искусственного кровообращения (АИК).

К механическому блоку относится сам АИК, основными составляющими частями которого являются насосы (роликовые и центрифужные), а также электронные системы контроля и безопасности (давления, температуры, уровня в кардиотомном резервуаре, воздушных пузырьков и т. д.). Комплектация аппаратов может быть произвольной в зависимости от потребностей клиники. Основным узлом механического блока является артериальный насос, который замещает функцию сердца, обеспечивая необходимый полный или частичный минутный объем кровообращения (соответственно полная или вспомогательная перфузия). В качестве основного мотора может применяться центрифужный насос, который в отличие от роликового менее травматичен для крови, так как не является окклюзионным. Зависимость производительности от

пред- и постнагрузки также относится к его преимуществам, широко используемым при всех видах длительного вспомогательного кровообращения.

Остальные роликовые насосы аппарата ИК могут произвольно использоваться в качестве коронарных отсосов, левожелудочкового дренажа; для нагнетания кардиоплегического раствора и проведения ультрафильтрации.

К физиологическому блоку аппарата ИК относят одноразовый экстракорпоральный контур, основным узлом которого является оксигенатор, замещающий во время ИК функцию легких. Это устройство предназначено для насыщения крови кислородом и удаления углекислого газа.

Сейчас используются мембранные и пузырьковые оксигенаторы, отличия которых состоят в механизме газообмена (через газопроницаемую мембрану или при непосредственном контакте газа и крови соответственно), управления им (кислородно-воздушная смесь или чистый кислород), положении по отношению к артериальной помпе (после и до мотора). Предпочтение отдается мембранным оксигенаторам, как менее травмирующим форменные элементы и белки крови и имеющим преимущества в обеспечении физиологического газового состава.

Оксигенаторы разных фирм отличаются техническими характеристиками, к которым относятся максимальная производительность (л/мин), площадь поверхности (м²) и материал мембран (полипропилен, силикон), падение давления на оксигенаторе при различных скоростях, объем заполнения, отсутствие или наличие покрытия (гепаринового или биосовместимого) и т. д.

Оксигенаторы для разных возрастно-весовых категорий пациентов отличаются своей максимальной производительностью и объемом первичного заполнения. Экстракорпоральный контур состоит также из следующих обязательных и необязательных компонентов: жесткого или мягкого кардиотомного резервуара различной емкости, насосного сегмента (диаметром от 1/4 до 1/2 дюйма), теплообменника, артериального фильтра-ловушки, артериальной и венозной линий (диаметром от 1/4 до 1/2 дюйма), двух или трех магистралей для отсосов, комплектация которого может выполняться производителем на заказ в зависимости от потребностей клиники.

Перед началом ИК ЭК-контур должен быть заполнен, деаэрирован и подсоединен к сердечно-сосудистой системе больного. Составы первичного объема заполнения (прайма) крайне разнообразны и зависят от многих показателей (возраста и веса пациента, ОЦК, исходного Нсг и т. д.). Прописи отличаются в зависимости от принятого в клинике перфузионного протокола, однако основными компонентами его чаще являются: гепарин, кристаллоидные и корректирующие растворы (KCl, NaHCO₃), эритроцитарная масса, растворы естественных (альбумин, СЗП) и синтетических коллоидов (гидроксиэтилкрахмал и производные желатины). Часто в состав перфузата входят также маннитол, аprotинин и антибиотик. Состав перфузионной среды должен быть таким, чтобы на начало ИК не происходило значимых изменений «заинтересованных» параметров гомеостаза.

Подключение ЭК контура к сердечно-сосудистой системе пациента может быть различным в зависимости от корректируемой патологии. Стандартным является подсоединение по схеме: верхняя полая вена (ВПВ), нижняя полая вена (НПВ), аорта (Ao). Для вмешательств, не предполагающих вскрытия камер сердца (АКШ), или при перфузии с циркуляторным арестом достаточно одного венозного катетера.

Часто используются двухсекционные модели, в которых один порт забора находится на уровне правого предсердия, а другой – на уровне нижней полой вены. При операциях на восходящей аорте и дуге, а также при повторных вмешательствах канюлируют бедренную артерию, в редких случаях для начала экстренной перфузии возможно бедренно-бедренное подключение, которое

наряду с левожелудочковым обходом (в основном левое предсердие (ЛП) А бедренная артерия (БА)) широко используется для частичного сердечно-легочного обхода при реконструкциях торакоабдоминального отдела аорты.

Размеры аортальных канюль определяются, исходя из необходимого для пациента максимального минутного объема кровообращения (МОК) и пропускной способности канюли определенного диаметра. Диаметры венозных катетеров зависят как от массы тела пациента, так и от размеров полых вен, определяемых визуально хирургом (диаметр катетера не должен превышать 2/3 просвета сосуда). При невозможности обеспечения адекватного оттока венозной крови из-за низкой пропускной способности катетеров может применяться техника вспомогательного венозного дренажа (ВВД).

Тяжелые осложнения, такие как расслоение аорты или канюляцию брахиоцефального ствола, можно своевременно распознать и избежать их последствий при постоянном измерении давления в артериальной магистрали. Неправильное положение венозных катетеров нарушает венозный возврат и повышает гидростатическое давление в соответствующем венозном бассейне, что сопровождается быстрым развитием интерстициальных отеков и выражается в плохом венозном оттоке. При отсутствии других причин (недостаточный, избыточный диаметр катетера, недостаточная высота для обеспечения гидростатического дренажа и т. д.) следует добиваться правильного положения катетера и адекватного оттока.

После канюляции магистральных сосудов начинается перфузия, которая до момента пережатия полых вен и соответственно прекращения притока крови к сердцу называется параллельной, после пережатия – полной. После снятия турникетов с полых вен и зажима с аорты начинается параллельная перфузия, которая может проводиться с полными объемными скоростями, когда необходимый МОК осуществляется аппаратом ИК, и во вспомогательном режиме, когда одна часть МОК обеспечивается работой сердца, а другая часть – производительностью артериальной помпы.

Так как целью искусственного кровообращения служит адекватная доставка кислорода тканям, то одним из главных показателей является объемная скорость перфузии (ОСП, л/мин), которая рассчитывается на основании площади поверхности тела и необходимого перфузионного индекса (ПИ или ОСП, л/м² /мин), являющегося аналогом сердечного индекса (СИ) при естественном кровообращении. ОСП или ПИ зависит от режима гипотермии и возраста больного (у детей более высокий уровень основного обмена и соответственно СИ).

В зависимости от глубины гипотермии – нормотермия и поверхностная гипотермия (36–32°C), умеренная гипотермия (32–28°C, 26°C), глубокая гипотермия (28, 26°C–18°C) и выраженная гипотермия (ниже 18°C) – выделяют четыре перфузионных режима. Снижение температуры уменьшает потребности организма в кислороде и тем самым дает возможность редуцировать ОСП, что широко используется в кардиохирургии.

Нормотермическая перфузия проводится с объемной скоростью, равной МОК пациента в условиях основного обмена, и отличается у разных возрастных категорий больных. У детей до года и раннего возраста исходным ПИ принято считать показатель, равный 3,0–3,5 л/м² /мин, у взрослых – 2,4 л/м² /мин.

Перфузия в условиях умеренной гипотермии (32–28°C, 26°C) осуществляется с объемными скоростями 2,2–2,4 л/м²/мин у всех категорий больных с возможностью ее временного снижения до 1,8 л/м²/мин, если это требуется. К снижению объемных скоростей при охлаждении относятся с осторожностью. Из-за неравномерности температур в различных регионах микроциркуляции существуют области с большей и меньшей потребностью в кислороде.

Перфузия с редуцированными кровотоками (Low-Flow-Perfusion) проводится в условиях глубокой гипотермии (ниже 24°C) и часто сочетается с полной остановкой кровообращения. Этот режим бывает необходим при коррекции сложных ВПС у новорожденных и детей первого года жизни. При охлаждении больного до 24°C объемную скорость перфузии можно снизить до 1,2 л/м² /мин, а при более глубокой гипотермии (18–20°C) и до 35 мл/кг.

Циркуляторный арест или плановая полная остановка кровообращения может осуществляться при охлаждении пациента ниже 18° C rect. При этом создаются лучшие условия для визуализации операционного поля. На циркуляторном аресте выполняются в основном коррекции сложных ВПС у новорожденных и детей до года. Многие клиники предпочитают этот режим редуцированным кровотокам, так как он сокращает время ИК. По данным обзора перфузионных технологий, только 44% учреждений использовали циркуляторный арест в 2004 г. по сравнению с 72% в 1989 г.

По мнению разных авторов, допустимое время остановки колеблется от 20–30 до 65 мин. У взрослых пациентов циркуляторный арест практически не применяется. При необходимости остановки кровообращения, например во время реконструкции дуги аорты, она дополняется изолированной антеградной и ретроградной перфузией головного мозга. В аварийных ситуациях или по хирургическим показаниям перфузия может быть остановлена на незначительное время и при более высоких температурах.

Кроме соблюдения общих предписаний протокола, принятого в учреждении, перфузиолог непрерывно и дискретно во времени контролирует показатели, говорящие об адекватности перфузии, и проводит своевременную их коррекцию. Адекватность доставки кислорода оценивается по коэффициенту экстракции на основании насыщения венозной крови кислородом (SatvO₂=65–75%). Причинами низкого венозного насыщения являются: недостаточная ОСП, артериальная гипоксемия, низкая кислородная емкость крови, наличие работающих шунтов в ЭК контуре. Высокая венозная сатурация может быть следствием высокой ОСП, гипероксии, высокого гематокрита, несоответствующего глубине гипотермии, перераспределения и централизации кровотока вследствие стресс-реакции организма на ИК.

Адекватность по метаболическим признакам оценивается на основании нормальных физиологических параметров кислотно-щелочного равновесия, определяемых с поправкой (pH-stat) или без поправки на температуру (_-stat). pH-stat, обеспечивая равномерное охлаждение головного мозга за счет CO₂-зависимой вазодилатации, имеет преимущества при глубокой гипотермии у детей, когда главными факторами повреждения мозга являются гипоксия и ишемия (особенно при циркуляторном аресте).

Перфузионное давление в большинстве центров стараются поддерживать на уровне, близком к среднему артериальному у данной возрастной категории пациентов. Повышенное внимание к нижней границе перфузионного давления связано с тем, что основная масса больных – это «возрастные» пациенты, основными факторами повреждения головного мозга у которых являются выраженный цереброваскулярный стеноз и нарушение миогенной регуляции мозгового кровотока, связанное с гипертонией. У остальных же пациентов (особенно у детей) соответствие ОСП потребностям организма в кислороде обеспечивает необходимый мозговой кровоток. Искусственное повышение перфузионного давления у других пациентов при применении вазопрессоров способствует только расстройствам микроциркуляции. Высокое перфузионное давление увеличивает риск возникновения расслаивания аорты и геморрагического инсульта, поэтому должно своевременно снижаться.

Уровень центрального венозного давления (ЦВД) во время полной перфузии должен стремиться к нулю, то есть не должно быть никаких препятствий для свободного оттока. Высокое ЦВД на фоне сниженного КОД и повышенной сосудистой проницаемости будет способствовать экстравазации

жидкости и развитию интерстициальных отеков, результатом которых будет расстройство тканевого метаболизма. После выполнения основного этапа операции, восстановления сердечной деятельности, согревания пациента и назначения необходимой инотропной терапии преднагрузка на сердце постепенно увеличивается до минимальных цифр ЦВД, при которых достигается адекватная гемодинамика при терапевтических дозах кардиотоников.

Органные признаки являются вспомогательными и свидетельствуют о состоянии кровоснабжения конкретного органа. Наличие диуреза говорит об удовлетворительном почечном кровотоке. Адекватность мозгового кровотока может контролироваться, например, методом транскраниальной доплерографии, а обеспечение мозга кислородом – по результатам мозговой редоксиметрии. По характеру восстановления сердечной деятельности, потребности в инотропных препаратах, времени реперфузии можно судить об эффективности комплекса мероприятий по защите миокарда и т. д.

Обязательному контролю во время ИК подлежат следующие параметры:

- объемная скорость перфузии (должна соответствовать температурному режиму и возрасту пациента);
- давление в артериальной магистрали (не должно превышать суммы показателей среднего перфузионного давления, сопротивления контура и артериальной канюли);
- объем и состав газовой смеси (зависит от скорости и температурного режима перфузии, корректируется на основании анализа артериальных газов крови);
- показатели кислотно-щелочного и электролитного равновесия, уровень гематокрита (должен соответствовать градусу гипотермии), концентрация Hb, глюкозы, общего белка, осмолярности, лактата контролируется через определенные промежутки времени и после коррекции; возможно измерение большинства показателей on line;
- перфузионное и центральное венозное давление (мониторинг);
- температура больного (в носоглотке, прямой кишке, на стопе) и наличие температурных градиентов (не более 4° C), между T° C теплоносителя и оттекающей крови (не более 10° C);
- АСТ (480–600 с).

Несмотря на все достижения экстракорпоральных технологий и уровень перфузионного обеспечения, утверждение Swan и Hudson (1959 г.) о том, что идеального кардиопульмонального обхода, обеспечивающего доставку нужного количества оксигенированной крови тканям всего организма без сопутствующего неблагоприятного физиологического влияния, не существует, остается актуальным и в наши дни. Многие параметры ИК по-прежнему отличаются от физиологических.

Негативные факторы перфузии, осложнения, профилактика

К факторам ИК, негативно воздействующим на организм, относят:

- контактную активацию системного воспаления и гемостаза;
- механическую травму форменных элементов;
- гипероксию;

- гипотермию;
- непугливающий кровоток;
- гемодилюцию

Согласно современным представлениям, осложнения после операций на сердце связывают с развитием синдрома системного воспалительно-коагуляционного ответа (СВКО) на комплекс воздействий при кардиохирургическом вмешательстве. В неосложненных случаях системный ответ преходящий и сбалансированный. Если эта реакция избыточна, то она приводит к гиперактивации контактной и свертывающей системы, комплемента, нейтрофилов, тромбоцитов, цитокинового каскада, эндотелиальных клеток и других медиаторов.

В 1991 г. J. K. Kirklin выдвинул гипотезу о системной воспалительной реакции организма в ответ на ИК, запускающейся при контакте крови с чужеродной поверхностью ЭК контура. Контакт белков и клеток крови с неэндотелизированной поверхностью активирует пять плазменных протеолитических систем (коагуляция, фибринолиз, каскад комплемента, калликреин-кининовая и контактная системы) и, по крайней мере, три клеточных элемента (лейкоциты, тромбоциты и эндотелиальные клетки), что приводит к увеличению проницаемости сосудов с накоплением жидкости в интерстициальном пространстве, нарушению микроциркуляции, тканевой гипоперфузии с морфофункциональными изменениями.

Результатом этих сложных взаимодействий является также истощение факторов свертывания, что в сочетании с высокой фибринолитической активностью плазмы может стать угрожающим состоянием и проявиться кровотечением. Обусловленная контактной активацией, гипотермией, хирургической и механической травмой тромбоцитарная дисфункция и тромбоцитопения рассматривается как одна из главных причин коагулопатии и геморрагии после операций с ИК. Скопление тромбоцитарно-моноцитарных и нейтрофильно-тромбоцитарных агрегатов в микроциркуляции малого круга кровообращения приводит к повышению общелегочного сосудистого сопротивления (ОЛСС) за счет капиллярной обструкции и увеличению сосудистой проницаемости, вызывая синдром острого повреждения (СОПЛ), так называемое постперфузионное легкое.

Другим важным активатором СВКО является эндотоксин, который стимулирует высвобождение ФНО α . Эндотоксин появляется в кровеносном русле в результате транслокации бактериальных агентов из кишечника, возникающей при стрессе и ишемии. Механизмы ишемии и реперфузии играют важную роль в продукции основных цитокинов, и их уровень коррелирует со временем ишемии миокарда.

Выраженность СВКО зависит от исходной иммунореактивности больного, площади контакта и качества полимерной поверхности, длительности перфузии и особенностей протокола (степень гемодилюции, объем гемотрансфузий, температурный режим и т. д.). Наиболее уязвимым контингентом пациентов в плане развития СВКО считаются новорожденные и дети первого года жизни, что связано с их морфофункциональными особенностями и самыми неблагоприятными условиями проведения ИК (большая площадь контактной поверхности крови с экстракорпоральным контуром, массивная гемотрансфузия, частое использование режима глубокой гипотермии).

Клиническим проявлением чрезмерного ответа служит так называемый постперфузионный синдром, включающий в себя лихорадку без инфекционного агента, коагулопатии, респираторные нарушения, дисфункцию миокарда, почечную недостаточность, неврологические осложнения. По

данным J. M. Cremer, СВКО встречается у 10% пациентов после кардиохирургических вмешательств.

Исходя из этиологии и патогенеза СВКО, для его профилактики широко используются достижения перфузионных технологий (мини-контуры, гепариновые и биосовместимые покрытия), перфузионные техники (лейкодеплеция и ультрафильтрация), большинство протоколов включают применение кортикостероидов, апротинина, NO-донорских соединений. Особенно актуальным представляется дальнейшее уменьшение педиатрических экстракорпоральных контуров, что кроме сокращения контактной поверхности должно привести к минимизации первичного объема заполнения этих систем и соответственно к меньшему применению компонентов донорской крови, вплоть до полного отказа от них даже у новорожденных и маловесных пациентов.

В последнее время у взрослых пациентов также начали применять мини-контуры без кардиотомных резурвуаров, назначением которых является сокращение контактной поверхности и исключение раневого тканевого фактора из циркуляции за счет обработки кардиотомной крови в аппарате Cell-Saver.

Так как ранняя фаза СВКО связана с контактом с чужеродной поверхностью, то снижение ее активации за счет повышения биосовместимости применяемых материалов кажется логичным подходом в решении этой проблемы. Однако эффективность использования гепариновых и других биосовместимых покрытий часто не показывает выраженных клинических преимуществ, так как для их исследования выбирается группа неосложненных больных с недлительным ИК или пациенты с высоким риском послеоперационных осложнений, определяющую роль в которых играет совокупность других более мощных факторов.

Так как центральным звеном, определяющим повреждение эндотелия, являются активированные лейкоциты, то их

непрерывное удаление представляется эффективной противовоспалительной стратегией. На основании обзора литературных источников, приведенных G. Asimakopoulos [22], данная техника также не

дает выраженного клинического эффекта,

за исключением лейкодеплеции кровяной

кардиоплегии. Однако есть сообщение об

эффективности удаления лейкоцитов во

время педиатрической перфузии, с чем авторы, например, связывают успехи первого этапа коррекции синдрома гипоплазии

левого сердца у новорожденных [19].

Актуальные вопросы кардиологии и смежных дисциплин

Чужеродные активированные лейкоциты, содержащиеся в компонентах крови, могут вызывать реперфузионные повреждения при воздействии кислорода уже в

начале перфузии [19, 92, 104]. Они ответственны за иммуносупрессию и аллоиммунизацию [104]. Гемотрансфузия, вызывая дисиммунитет [9], вносит свой вклад в существующий дисбаланс, обусловленный кардиохирургическим вмешательством.

С донорскими лейкоцитами связан риск передачи опасных вирусных заболеваний, таких как гепатиты В и С, ВИЧ, Эпштейна–Барра вирус и цитомегаловирусная инфекция [9, 22, 92, 104]. Исходя из этого, с начала 80-х годов предпринимаются усилия по их удалению из трансфузионных сред. Были разработаны специальные фильтры, гидрофильная синтетическая поверхность которых имеет высокое сродство к лейкоцитам, что обеспечивает высокую степень очистки [92].

Хорошо известны эффекты ультрафильтрации (УФ), связанные с удалением избытка жидкости и снижением водной нагрузки [1, 48]. Так как большинство медиаторов воспаления, исходя из их молекулярной массы, должны хорошо удаляться методом ультрафильтрации, на ее использование, особенно в педиатрической практике, по-прежнему возлагаются большие надежды. В современной литературе обсуждаются две проблемы:

- какие возможности есть у существующих методов УФ для лимитирования СВКО и что оказывает большее влияние на клинический результат – снижение концентраций медиаторов воспаления или редукция интерстициальных отеков [1, 18, 25, 26, 35, 38, 68, 69, 75, 88, 100, 106, 107];
- какая методика (или сочетание методик) предпочтительна для улучшения послеоперационного течения [25, 26, 35, 38, 68, 69, 75]?

Целесообразность применения фармакологических препаратов для редукции системного воспаления также неоднозначна. Большое число наблюдений свидетельствует о способности кортикостероидов положительно влиять на цитокиновый ответ во время операции на сердце. Показано, что предварительное назначение метилпреднизолона до операции препятствует повышению уровня провоспалительных цитокинов [28, 95]. Дооперационное введение метилпреднизолона

кардиохирургическим больным способствует повышению концентрации противовоспалительных цитокинов, подавляет

повышение концентрации эндотоксина

[28], ослабляет активацию системы комплемента [95]. При назначении стероидов

младенцам некоторые авторы отмечают

высокие концентрации цитокинов и отсутствие клинического эффекта, несмотря

на их использование [35, 37]. Повышение противовоспалительной активности,

обусловленной кортикостероидами, может привести к снижению сопротивляемости организма и маскировке инфекции, а

несвоевременное окончание их применения – к синдрому отмены [76, 78].

Кроме общепризнанного гемостатического эффекта [7, 45, 63, 94, 105], апротинин имеет также противовоспалительные

свойства [20, 22, 58, 60]. Однако обнадеживающие результаты относительно подавления воспалительного ответа при

применении как низких, так и высоких

доз апротинина не подтверждаются некоторыми исследователями [23, 51, 94].

Во время ИК под действием цитокинов

и эндотоксина повышается синтез эндотелиальными клетками индуцибельного NO

(iNO), который в отличие от естественного

обладает провоспалительной активностью:

повышает легочную сосудистую проницаемость [115], вносит вклад в «оглушение»

миокарда [85]. Поэтому NO-донорские соединения как средства заместительной терапии могут предупреждать негативные

эффекты iNO. Первое сообщение о противовоспалительных свойствах нитропрусида натрия появилось в 1996 г. [96]. У детей,

получавших его с целью вазодилатации,

значительно снижалась активность компл

Креативная кардиология, № 1–2, 2007

племента. Другие исследователи наблюдали снижение уровня ИЛ-6 и ИЛ-8 и подавление лейкоцитарно-тромбоцитарной

инфильтрации [77].

Гипероксия, часто сопровождающая ИК,

обладает как защитными [83], так и

повреждающими (особенно у детей с выраженной артериальной гипоксемией) свойствами [19, 53, 83, 93]. Ее протективные свойства обусловлены увеличением утилизации растворенного кислорода при гипотермии [13, 42]. При глубокой гипотермии, особенно при остановке кровообращения, гипоксическое повреждение головного мозга является более значимым фактором, чем повреждение, вызванное образованием свободных радикалов [83, 84]. Тактика постепенной реоксигенации, предложенная В. S. Allen и соавт. [19], с высоким уровнем paO_2 в режиме редуцированных кровотоков и перед циркуляторным арестом представляется нам компромиссной методикой при хирургической коррекции сложных ВПС у пациентов с выраженной гипоксемией.

Внедрение гипотермии в сочетании с ИК как метода защиты организма от гипоксии (Sealy, 1958) внесло значительный вклад в развитие кардиохирургии [31]. Гипотермия снижает интенсивность метаболических процессов, потребность организма в кислороде и таким образом увеличивает устойчивость к гипоксии, чему также способствует обусловленный ею сдвиг кислотно-щелочного равновесия в сторону алкалоза за счет увеличения растворимости газов и снижения pCO_2 .

. К негативным эффектам, за счет которых формируется кислородная задолженность во время гипотермического ИК, следует отнести централизацию кровообращения, повышение вязкости крови и сродства гемоглобина с кислородом за счет сдвига кривой диссоциации влево [10, 11, 13]. При гипотермии снижается также метаболизм катехоламинов, а полная перфузия сопровождается исключением из кровообращения легких, где инактивируются многие гормоны и вазоактивные вещества. В современной кардиохирургии имеется тенденция к ограничению использования низких температур, однако в хирургии сложных ВПС гипотермическая перфузия попрежнему остается методом выбора [53].

К дополнительным стрессовым факторам ИК относится также непульсирующий

режим кровотока. За все время развития

клинической перфузиологии не угасает интерес к методу пульсирующего кровотока.

Считается, что он снижает ОПСС, улучшает перфузию тканей, способствует лучшей

экстракции кислорода, уменьшает высвобождение стрессорных гормонов, благотворно влияет на почечный и мозговой

кровоток [16]. И действительно, чем ближе

ИК к естественному, тем легче оно переносится организмом. Но существуют проблемы технического характера: при применении пульсирующего кровотока с мембранным оксигенатором, расположенным

после артериальной помпы, пульсовая волна в значительной степени гасится.

Для предотвращения негативных эффектов гипотермии в практику ИК был

внедрен метод гемодилюции, положительный эффект которой связан со снижением

гематокрита (Hct), уменьшением вязкости

крови и улучшением микроциркуляции [4,

8, 11, 12, 101]. Недостатки гемодилюции

обусловлены снижением коллоидно-осмотического давления [80], кислородной

емкости крови, разбавлением факторов

свертывания, тромбоцитов, что в большей

степени актуально для постперфузионного периода [23, 47, 64]. Снижая кислородную емкость крови, гемодилюция приводит к гипердинамическим состояниям при

отключении от ИК, с высокой потребностью в инфузионной терапии [21, 27]. Определение минимально допустимого уровня гематокрита на перфузии привело к

большим противоречиям. Клинические

исследования [46, 54, 57] свидетельствуют

о широком диапазоне безопасного гематокрита у взрослых пациентов (от 14 до

22%). Безопасный уровень гемодилюции

Актуальные вопросы кардиологии и смежных дисциплин

113

на ИК у детей не установлен. Допустимым

гематокритом в условиях глубокой гипотермии считают уровень от 15 до 30% [53,

97]. О самом минимальном «приемлемом»

гематокрите (10,5%) при глубокой гипотермии у детей и подростков с массой тела

от 9 до 63 кг сообщили J. L. Stein и соавт.

[95]. Анализируя свой многолетний опыт

кардиохирургических операций (с 1962 г.)

у пациентов, отказывающихся от переливания компонентов крови по религиозным соображениям, Denton A. Cooley и

Clay M. Burnet отметили низкий процент

летальности и осложнений даже у детей.

Исходя из этого, а также в связи с неблагоприятными эффектами трансфузионной

терапии они заключили, что отказ от гемотрансфузии может стать в конечном итоге

методом выбора для всех пациентов, оперируемых в условиях ЭКК.

В этом обзоре мы коснулись только негативных эффектов и осложнений, которые могут встречаться при адекватном

проведении перфузии и использовании

всех доступных на сегодняшний день технологий и техник. В связи с современными

возможностями кардиохирургии все большее внимание уделяется дальнейшему повышению качества лечения. В области искусственного кровообращения должны

быть решены еще многие проблемы, чтобы

приблизить его к идеальной перфузии, которая, по мнению П. Галлетти и Г. Бричер,

теоретически существует и характеризуется физиологическими величинами всех изменяемых параметров гомеостаза.

Л и т е р а т у р а

1. Абрамян М. А. Модифицированная ультрафильтрация в ближайшем постперфузионном периоде у новорожденных и грудных детей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2000.

2. Бокерия Л. А., Гудкова Р. Г. Сердечно-сосудистая

хирургия – 2005. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. – М.: НЦССХ

им. А. Н. Бакулева РАМН, 2006. – 114 с.

3. Борисов В. И. Пособие, регламентирующее

проведение искусственного кровообращения.

– М.: Изд-во НЦССХ им. А. Н. Бакулева

РАМН, 2003. – 16 с.

4. Борисов В. И. Состояние микроциркуляторного

сосудистого русла в условиях искусственного

кровообращения по данным бульбарной микроангиоскопии: Дис. ... канд. мед. наук. – М., 1977. – 133 с.

5. Брюхоненко С. С. Искусственное кровообращение. – М.: Медицина. Наука, 1964. – С. 6–12.

6. Галетти П. М., Бричер Г. А. Основы и техника

экстракорпорального кровообращения. – М.:

Медицина, 1966. – 295 с.

7. Дементьева И. И., Чарная М. А., Морозов Ю. А.

Применение трасилола в кардиохирургии: Методические рекомендации. – М., 2003. – 31 с.

8. Загвоздкин В. И. К вопросу о взаимосвязи гемодинамики, транспорта и потребления кислорода во время искусственного кровообращения: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М.,

1973. – 21 с.

9. Зильбер А. П. Клинико-физиологические основы кровопотери и гемотрансфузии // Сборник

докладов Всероссийского научно-практического симпозиума с международным участием

«Бескровная хирургия – итоги и перспективы».

– М., 2002. – С. 22–33.

10. Ильин В. Н. Комбинированный метод глубокой

гипотермии для коррекции пороков сердца у

детей раннего возраста: Дис. ... канд. мед. наук.

– М., 1978.

11. Кламмер М. Е. Глубокая гипотермия при операциях на открытом сердце: Автореф. дис. ... канд.

мед. наук. – М., 1965. – 21 с.

12. Кобахидзе Э. А. Некоторые вопросы методики и

клинического применения искусственного кровообращения без донорской крови: Дис. ...

канд. мед. наук. – 1975. – 130 с.

13. Колударов В. В. Искусственное кровообращение

в условиях гипотермии у детей до трех лет с

ВПС: Дис. ... канд. мед. наук. – М., 1987.

14. Логинова Л. И., Соболева Е. Р., Симанов В. А. Лаборатория искусственного кровообращения //

История Научного центра сердечно-сосудистой

хирургии им. А. Н. Бакулева РАМН / Под ред.

Л. А. Бокерия, А. А. Спиридонова. – М.: НЦССХ

им. А. Н. Бакулева РАМН, 1998. – С. 140–142.

15. Локшин Л. С., Лурье Г. О., Дементьева И. И. Искусственное и вспомогательное кровообращение в сердечно-сосудистой хирургии. – М.,

1998. – 212 с