

УДК:616.12:616.2-089.8-78

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ В КАРДИОХИРУРГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Лебедева А.М.¹, Можаяев П.Н.¹

¹Медицинская Академия имени С. И. Георгиевского ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского. Симферополь. e-mail: anna96lebedeva@yandex.ru

АИК (аппарат искусственного кровообращения) – медицинский аппарат, применяемый при операциях на открытом сердце, поддерживающий все физиологические параметры гемодинамики во время операции. Любой аппарат искусственного кровообращения состоит из двух блоков: физиологического и механического. Физиологический блок включает в себя детали, которые соприкасаются с кровью. Механический блок включает в себя собственно сам АИК, который имеет центрифужные и роликовые насосы, электронные системы контроля и безопасности.

АИК оказывает негативное воздействие на организм, вызывает гипероксию, гипотермию, гемодилюцию; при его использовании повреждаются форменные элементы крови, запускается воспалительный процесс, а кровоток становится неп пульсирующим, что приводит к нарушению постоянства внутренней среды организма. Главной целью модификации и внедрения в АИК дополнительных составляющих является обеспечение наибольшей безопасности пациента и минимизация послеоперационных осложнений.

Достижением перфузионных технологий является применение мини-контуров, гепариновых и биосовместимых покрытий. Применение мини-контуров без кардиотомных резервуаров позволили сократить контактную поверхность и уменьшить нарушение целостности тканей. Также инновационными в техники перфузии стали лейкодеплеция и ультрафильтрация, а также добавление в прайм (первичный объем заполнения) кортикостероидов, донорских NO-соединений и апротинина. Все это позволяет уменьшить негативное влияние АИК на организм человека и способствует быстрейшему восстановлению в послеоперационной период.

Ключевые слова: аппарат искусственного кровообращения, кардиохирургия, сердце, гемодинамика.

THE USE OF HEART-LUNG MACHINES IN CARDIAC SURGERY

Lebedeva A.M.¹, Mozhayev P.N.¹

¹Medical Academy named after S.I.Georgievsky, V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Simferopol. e-mail: anna96lebedeva@yandex.ru

HLM (heart-lung machine) is a medical device used in operations on an open heart, supporting all physiological parameters of hemodynamics during surgery. Any heart-lung machine consists of two blocks: physiological and mechanical. The physiological unit includes parts that come in a contact with blood. The mechanical unit includes the HLM itself, which has centrifugal and roller pumps, electronic control and safety systems.

HLM has a negative effect on the body, causes hyperoxia, hypothermia, hemodilution; during its usage the blood cells are damaged, the inflammatory process is launched, and the blood flow becomes non-pulsating, which leads to a violation of the constancy of the internal environment of the body. The main goal of the modification and adoption of additional components in the HLM is to ensure the greatest safety of the patient during the operation and to minimize the postoperative complications.

The great achievement of perfusion technology is the use of mini-contours, heparin and biocompatible coatings. The use of mini-contours without cardiome reservoirs allowed to reduce the contact surface and to minimize the violation of the integrity of the tissues. More innovative techniques are leukodepletion and ultrafiltration, as well as the addition of corticosteroids, donor NO-compounds and aprotinin into the prime (primary volume of the transfused blood). All this helps to reduce the negative influence of HLM on the human body and contributes to the fastest recovery in the postoperative period.

Key words: heart-lung machine, cardiac surgery, heart, hemodynamics.

Введение

Применение аппаратов искусственного кровообращения в кардиохирургии стало на сегодняшний день достаточно распространенной практикой. Но, несмотря на накопленный

клинический опыт, этот метод остается небезопасным. Главным образом это связано с применением донорской крови. В результате её использования возникают различные осложнения, для устранения которых многие исследователи искали альтернативные растворы для первичного заполнения АИК [1]. Также немаловажную роль в развитии осложнений в послеоперационный период играют физиологические, технические, хирургические и деонтологические аспекты.

С течением времени аппараты искусственного кровообращения постоянно модифицировались, появились дополнительные устройства, позволяющие минимизировать повреждающее действие на организм, такие как оксигенаторы, экстракорпоральные контуры с минимальным первичным объемом заполнения, изготавливаемые из биосовместимых материалов.

Но, несмотря на все достижения кардиохирургии в этом направлении до сих пор высок риск послеоперационных осложнений, так как эта процедура расстраивает все звенья гомеостаза.

Пациентом современной кардиохирургической клиники всё чаще становится человек, находящийся в очень тяжелом состоянии: новорожденный, ребёнок с малым весом или тяжелым врожденным пороком сердца или же взрослый, подвергающийся повторному хирургическому вмешательству или имеющий сопутствующие патологии [2].

Главной целью перфузиолога, как и много лет назад, является обеспечение наибольшей безопасности пациента во время проведения операции и минимизация послеоперационных осложнений.

Цель исследования

Целью работы является проведение анализа литературных источников, научных статей и статистических данных по вопросу применения аппарата искусственного кровообращения в кардиохирургической практике.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили научные публикации отечественных и зарубежных ученых, опубликованные за последние 10 лет.

Результаты исследования и их обсуждение

Перфузиология – интенсивно развивающаяся отрасль медицины, которая изучает использование аппарата искусственного кровообращения при оперативных вмешательствах на сердце, которые предполагают выключение сердца из кровообращения.

Первые аппараты искусственного кровообращения (АКИ) были применены в клинической практике более 60 лет назад, причем довольно-таки успешно. С развитием кардиохирургии аппараты для перфузии длительно совершенствовались, многократно

модифицировались и корректировались; в практику вводились новые методы искусственного кровообращения.

Создателем первого АИК считается советский ученый-патологический физиолог С.С. Брюхоненко. В 20-е годы XX века он подробно изучал механизмы терморегуляции и причины повышения температуры тела. На основании полученных данных Брюхоненко разработал методику «переживания» головы собаки, отделенной от тела, с помощью так называемого автожектора, который со временем был запатентован в Англии, Франции и Германии. Сначала автожектор применялся для выведения организма из состояния клинической смерти, а с 1929 года он стал использоваться и для экспериментальных операций на сердце с открытым доступом. Идея оживления после наступления клинической смерти нашла практическое применение в методиках вспомогательного кровообращения [4].

Первая успешная операция на человеке с выключением сердца из кровообращения при ушивании дефекта между предсердиями была проведена 6 мая 1953 года. В России же операции, проводимые с использованием АИК вошли в практику чуть позже, в 1957 году (первые операции были проведены под руководством А.А. Вишневого).

Тем не менее, долгое время подобные операции не находили широкого применения ввиду большого количества недостатков аппарата и высокими показателями послеоперационных осложнений. АИК для своего заполнения требовал до 4-6 литров донорской крови, аппараты были крайне ненадежны, так как физиологические узлы аппарата использовались многократно, да и способы управления таким устройством были крайне тяжелыми.

С момента первой операции аппараты постоянно совершенствовались, появились оксигенаторы с минимальными первичными объемами заполнения; кроме того постоянно внедрялись новые биосовместимые материалы. Все это минимизировало неблагоприятное воздействие перфузии на организм. Разработка и внедрение гемодилюции (Panico F., Neptune W., 1959 г.), гипотермии в сочетании с искусственным кровообращением (Sealy W., 1958 г.) и защиты миокарда (Melrose D.G., 1955 г.) способствовали оптимизации перфузионных протоколов и повлекли за собой ряд фундаментальных исследований, посвященных изучению патофизиологических и клинических аспектов этих направлений [3].

АИК состоит из двух блоков: механического и физиологического. Механический блок включает в себя собственно сам АИК, который имеет центрифужные и роликовые насосы [7], электронные системы контроля (температуры, давления, уровня в кардиотомном резервуаре, пузырьков воздуха) и безопасности. Главным узлом механического блока является артериальный насос, замещающий функцию сердца и регулирующий минутный

объем крови. Другие роликовые насосы используются в качестве коронарных отсосов, для нагнетания раствора, а также осуществляют ультрафильтрацию [4].

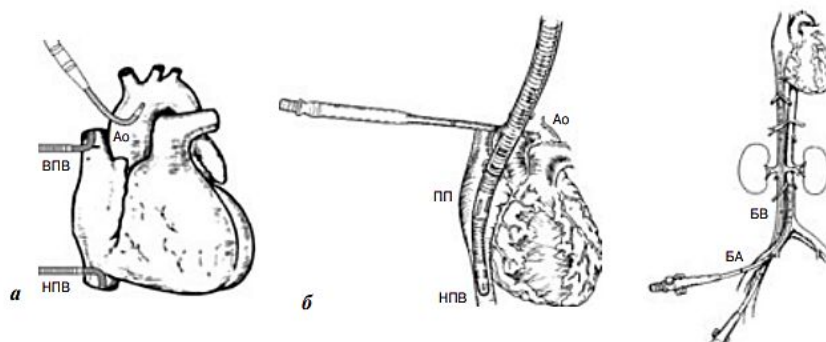
Физиологический блок состоит из одноразового экстракорпорального контура, выполняющего роль оксигенатора, то есть замещающего легкие. Его основная функция заключается в насыщении крови кислородом и выведении углекислого газа. Для пациентов разных возрастных и весовых категорий применяются оксигенаторы с различной максимальной производительностью и разными объемами первичного заполнения. ЭК-контур состоит из кардиотомного резервуара, который может быть как жестким, так и мягким; насосного сегмента; теплообменника; артериального фильтра-ловушки; двух или трех магистралей для отсосов и артериальной/венозной линий.

Перед тем, как начать искусственное кровообращение, ЭК-контур заполняют, диаэрируют, и только после этого подсоединяют к сердечно-сосудистой системе [9].

Существуют различные схемы и методы подключения ЭК-контура к сердцу, в зависимости от патологической причины, которую будут устранять во время операции. При стандартном подсоединении используется следующая схема: верхняя полая вена (ВПВ), нижняя полая вена (НПВ), аорта (Ао) (рис. 1а).

Рисунок 1

Схемы подключения ЭК-контура к сердцу: а – стандартная, б – двухсекционная, в – обходная.



При проведении операций без вскрытия камер сердца или при остановке кровообращения с глубокой гипотермией считается достаточным применение одного венозного катетера. Также существует метод двухсекционного подключения, при котором один порт забора подсоединяют к сердцу на уровне правого предсердия, а другой – на уровне нижней полой вены. (Рис. 1б). В случаях, когда операцию проводят на аорте, а именно на восходящей её части или дуге, а также при повторных вмешательствах канюлю присоединяют к бедренной артерии. (Рис 1в).

Редкими случаями подключения являются бедренно-бедренный метод канюлирования и метод левожелудочкового обхода. Последний метод широко используется при реконструктивных операциях торакоабдоминального отдела аорты, для создания частичного сердечно-легочного обхода.

Для определения размера аортальных канюль, использующихся при присоединении ЭК-контраста, учитывают максимальный минутный объем кровообращения индивидуальный для каждого конкретного пациента, а также пропускную способность канюли определенного диаметра. Выбор диаметра венозного катетера зависит от массы тела пациента и от диаметра полых вен, который хирург определяет визуально. В норме диаметр катетера должен быть не более $2/3$ от просвета сосуда.

Если невозможно обеспечить адекватный венозный отток крови, в частности из-за низкой пропускной способности катетеров, применяют технику вспомогательного венозного дренажа. Эта методика является эффективной и безопасной благодаря тому, что улучшается венозный возврат без изменения градиента между кардитомным резервуаром и правыми камерами сердца, не травмируются форменные элементы крови, а также не происходит образование микроскопических эмболов.

Как только хирург подключил катетеры к магистральным сосудам, начинается перфузия. Существует две её разновидности: параллельная и полная. Параллельной перфузией считается до момента пережатия полых вен и, соответственно, прекращения притока крови к сердцу, а полной – после пережатия полых вен.

После снятия турникетов с полых вен и зажима с аорты начинается параллельная перфузия, которая может проводиться с полными объемными скоростями, когда необходимый минутный объем крови обеспечивается аппаратом искусственного кровообращения, и во вспомогательном режиме, когда часть минутного объема крови обеспечивается работой сердца, а часть – производительностью артериального насоса.

Составы первичного объема заполнения (прайма) разнообразны и зависят от многих показателей (объема циркулирующей крови, возраста и массы тела пациента, исходного гематокрита и т. д.). К основным компонентам прайма относят кристаллоидные и корректирующие растворы (KCl, NaHCO₃), эритроцитарную массу, гепарин, растворы естественных (альбумин, сверхзамороженная плазма) и синтетических коллоидов (гидроксиэтилкрахмал и производные желатины), маннитол, апротинин и антибиотик [5].

АИК оказывает негативно воздействие на организм, вызывает гипероксию, гипотермию, гемодилуцию; его использование повреждает форменные элементы крови и запускает воспалительный процесс; кроме того при его использовании кровотоки становятся неппульсирующим, что приводит к нарушению постоянства внутренней среды организма [4].

В результате этого развивается синдром системной воспалительной реакции (ССВР), к его развитию приводят активация фибринолиза, коагуляции, системы комплемента и калликреин-кининовой системы. Активируются тромбоциты и лейкоциты, повреждаются клетки эндотелия сосудов. Все это приводит к увеличению проницаемости сосудов, накоплению жидкости в интерстициальном пространстве, нарушению микроциркуляции и гипоперфузии ткани с морфофункциональными изменениями [6]. Могут возникнуть такие осложнения, как кровотечение и повреждение легких.

Клиническими проявлениями чрезмерного иммунного ответа является постперфузионный синдром, включающий в себя лихорадку, респираторные нарушения, почечную недостаточность, коагулопатии, дисфункцию миокарда и неврологические осложнения. Новорожденные и дети первого года жизни наиболее подвержены негативным влияниям переливания крови, это связано с морфофункциональными особенностями молодого организма и незрелостью иммунной системы.

Достижением перфузионных технологий является применение мини-контуров, гепариновых и биосовместимых покрытий. Применение мини-контуров без кардиотомных резервуаров позволили сократить контактную поверхность и уменьшить нарушение целостности ткани [8]. А это в свою очередь исключает возникновение ССВР за счет повышения биологической совместимости применяемых материалов, так как уменьшается контакт с чужеродной поверхностью.

Усовершенствованные оксигенаторы минимально травмируют форменные элементы и белки крови, а также обеспечивают оптимальный газовый состав.

Инновационными внедрениями в технику перфузии стали лейкодеплеция (уменьшение числа лейкоцитов) и ультрафильтрация, а также добавление в прайм (первичный объем заполнения) кортикостероидов, донорских NO-соединений и апротинина. Активированные лейкоциты повреждают эндотелий сосудов, поэтому их непрерывное удаление из переливаемой крови предотвращает возникновение воспалительного процесса. Также с донорскими лейкоцитами возможен перенос различных вирусных заболеваний (ВИЧ-инфекция, гепатиты В и С). В связи с этим для удаления лейкоцитов применяют специальные фильтры, гидрофильная синтетическая поверхность которых имеет высокое сродство к лейкоцитам, что обеспечивает высокую степень очистки.

Для новорожденных и маловесных детей разрабатываются педиатрические ЭК-контуров, которые позволяют не только уменьшить контактирующую поверхность, но и минимизируют первичный объем заполнения этих систем вплоть до полного отказа от компонентов донорской крови.

Значительный вклад в развитие кардиохирургии принесло внедрение гипотермии в процесс искусственного кровообращения. Гипотермия оказывает на организм как положительные, так и отрицательные воздействия. К положительным характеристикам гипотермии, улучшающим показатели гемодинамики при применении аппарата искусственного кровообращения, относятся снижение интенсивности метаболических процессов и потребности организма в кислороде. Благодаря этому увеличивается устойчивость организма к гипоксии. За счет увеличения растворимости газов и снижения парциального давления углекислого газа в крови наблюдается сдвиг кислотно-щелочного равновесия в кислую сторону. К отрицательным эффектам относятся централизация кровообращения за счет резкого снижения скорости кровотока в мышцах, коже и жировой ткани, повышение вязкости крови, а также увеличение сродства гемоглобина к кислороду, благодаря сдвигу кривой диссоциации оксигемоглобина влево.

Метаболизм катехоламинов в организме значительно снижается при гипотермии, в результате чего кровоснабжение сердечных и скелетных мышц ухудшается. При полной перфузии из кровотока выключаются легкие, что также негативно влияет на организм, так как в них происходит инактивация многих гормонов и вазоактивных веществ.

В современной кардиохирургии имеется тенденция к ограничению использования низких температур, однако в хирургии сложных врожденных пороков сердца гипотермическая перфузия по-прежнему остается предпочтительным методом [5].

Заключение

Современные технологии позволяют минимизировать негативное влияние АИК на организм человека и значительно снижают риск возникновения послеоперационных осложнений. Общей тенденцией в дальнейшем совершенствовании аппаратов является модифицирование физиологического блока для одноразового пользования, микропористых фильтров в артериальной линии и переход к мембранным оксигенаторам.

Своевременная диагностика расстройств, возникающих во время и после проведения перфузии, является одним из главных элементов, на основании которого проводятся многочисленные эксперименты по улучшению и повышению качества перфузии. Большинство признаков адекватности перфузии являются интегральными показателями, характеризующими «среднее» состояние организма. Поэтому мнение В.П. Осипова (1971 г.) о том, что «состояние кровотока на уровне микрососудов является прямым признаком качества перфузии» и что «ряд признаков адекватности перфузии достоверны только при отсутствии нарушений микроциркуляции», особенно актуально сегодня, когда наши возможности понять и оценить параметры микроциркуляции значительно расширились.

Список литературы:

1. Зюзин С.О., Голованов А.В., Сидорова М.А. Актуальность искусственного кровообращения в современной медицине // Научный альманах 2018. № 1-2(39). С.101-104
2. Евтушенко С.А. Оптимизация искусственного кровообращения при кардиохирургических вмешательствах без использования донорской крови: дисс. канд.мед.наук. Новосибирск, 2009. 114с.
3. Аверина Т.В. Искусственное кровообращение ФГБУ Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН, Москва. 2013. С2.
4. Локшин Л.С., Лурье Г.О., Дементьева И.И. Искусственное и вспомогательное кровообращение в сердечно-сосудистой хирургии. М.: Пресса; 1998.
5. Groom R.C., Froebe S., Martin J. et al. Update on pediatric perfusion practice in North America. 2005. Survey. JECT. 37: 343–50.
6. Brix-Cristensen V. The systemic inflammatory response after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass in children. Acta Anaesthesiol. Scand. 2001. 45: 671–9.
7. Быков И.В. Вспомогательное кровообращение на базе осевых насосов (математическое моделирование процессов управления): дис.кан.био.наук. Москва, 2014. 126 с.
8. Байжигитов Н.Б. Кулиббет М.Б. Мереке А.А. Клинические эффекты применения модифицированной ультрафильтрации крови у детей раннего возраста // КазНМУ Вестник. 2016. №3. С.72-75.
9. Сидоров Р.В., Федерякин Д.В., Анохин А.В. Опыт использования миниинвазивного экстракорпорального контура (месс-перфузии) с оценкой динамики когнитивных функций у больных после операции аорто-коронарного шунтирования // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова 2017. №3. С13-15.