

Галка М.В.

**ГЕМОДИНАМИКА И МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ КРОВИ ПРИ
ОПЕРАЦИЯХ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ.
МЕТОДЫ КРОВОСБЕРЕЖЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ КРОВОТОКА**

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доц. Леценко В. Г.

Кафедра медицинской и биологической физики,

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Резюме. Статья посвящена анализу физических характеристик кровотока, оценке состояния микроциркуляторного русла при операциях в условиях искусственного кровообращения, а также рассмотрению путей предупреждения развития патологий в постоперационном периоде, которые широко используются в кардиохирургии.

Ключевые слова: гемодинамика, операции в условиях искусственного кровообращения, аппараты искусственного кровообращения, микроциркуляция.

Resume. This article is devoted to analysis of the physical characteristics of blood flow, assessment of the state of the microvasculature in operations with cardiopulmonary bypass, as well as the consideration of ways to prevent pathologies in the postoperative period which are widely used in cardiac surgery.

Keywords: hemodynamics, surgery with cardiopulmonary bypass, cardiopulmonary bypass, microcirculation.

Актуальность. С появлением первых аппаратов искусственного кровообращения (АИК) операбельный метод не являлся приоритетным в лечении сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе и пороков сердца. Многочисленные работы физиологов по изучению механизмов поддержания гемостаза при экстракорпоральном кровообращении позволили усовершенствовать АИК и решить проблему высокого уровня летальных исходов в кардиохирургии. Использование любого технического оборудования требует знаний о принципах его работы для устранения возможных неполадок. Владение информацией о механизмах изменения

гемодинамических и микроциркуляторных параметров при переходе на ИК приведет к пониманию работы АИК, которая направлена на минимизацию этих патологических изменений. Кроме того, роль поддержания постоянства физических характеристик кровотока выполняют также и некоторые фармакологические вещества, вводимые при операциях на открытом сердце. Таким образом, приведенная в статье информация представляет большую важность как для врачей кардиохирургического профиля, так и для реаниматологов.

Цель: определить механизмы изменения гемодинамики и микроциркуляции, а также изучить способы оптимизации кровотока при операциях в условиях ИК.

Задачи: 1. изучить изменения во время ИК гемодинамических параметров, а именно: минутного объёма крови (МОК), артериального давления (АД), общего периферического сопротивления (ОПС), центрального венозного давления (ЦВД); 2. рассмотреть состояние микроциркуляторного русла в условиях ИК; 3. определить основные методы поддержания гемостаза при ИК.

Материалы и методы. Основным методом исследования является обзор литературных научных источников, сравнение и анализ информации, полученной из научных статей и публикаций, из диссертации Ст. А. Евтушенко «Оптимизация искусственного кровообращения при кардиохирургических вмешательствах без использования донорской крови» и книги В.П.Осипова «Основы искусственного кровообращения» (1976 г.).

Результаты и их обсуждение. В ходе проведенного исследования были выявлены следующие закономерности.

1) *При переходе на ИК уменьшается минутный объём кровообращения (МОК), значения которого возвращаются к оптимальным при введении дополнительного объёма крови (трансфузия) или плазмозамещающих жидкостей (метод управляемой гемодилюции) в кровоток.*

Минутный объём кровообращения (МОК) – величина, характеризующая интенсивность кровоснабжения тканей организма. Она показывает, какой объём крови выбрасывается желудочком за 1 мин. МОК в условиях ИК соответствует объёмной скорости перфузии (ОСП). ОСП рассчитывается умножением перфузионного индекса (ПИ) на площадь поверхности тела. $МОК = ОСП \cdot S_{пов.}$ Перфузионный индекс является заданной артериальным насосом величиной и показывает, какой объём крови ежеминутно выбрасывается для обеспечения кровью единицы поверхности тела. На сегодняшний день оптимальным для взрослых кардиохирургических больных принят перфузионный индекс, равный 2,2—2,5 л/мин/м².

Изменению МОК в ходе искусственного кровообращения предшествует изменение функционального состояния всей сердечно-сосудистой системы (ССС). Вследствие замены сердца артериальным насосом нарушается целостность ССС, что приводит к потере сосудистого тонуса. Как результат наблюдается вазодилатация (расширение сосудов) и увеличение ёмкости сосудистого русла. Объём циркулирующей крови (ОЦК) при этом остается прежним. Несоответствие между ОЦК и ёмкостью сосудистого дерева приводит к снижению МОК (рисунок 1). Для

сохранения постоянного значения МОК необходимо введение в кровоток добавочного объёма жидкости. Основатели метода ИК считали наиболее подходящей для этой цели донорскую кровь. Однако уже с первой половины 1960-х годов кардиохирурги начинают постепенно отказываться от использования донорской крови во время экстракорпорального кровообращения. Это стало возможным благодаря уменьшению заправочной емкости оксигенаторов и разработке теоретических основ управляемой гемодилюции, то есть дозированного разбавления крови плазмозамещающими жидкостями. Исследования показали, что низкую кислородную ёмкость крови при «бескровной» гемодилюционной перфузии можно компенсировать увеличением ОСП с 2,5 л/мин*м до 3,0 л/мин*м. Тогда показатели как центральной гемодинамики, так доставки, потребления и утилизации кислорода сохраняются в норме. Немаловажное значение для поддержания МОК в ходе ИК имеет также использование крови самого больного, находящейся в кровяных депо (селезёнка) или крови малого круга кровообращения.

2) При ИК наблюдается падение общего периферического сопротивления (ОПС) и артериального давления (АД).

В условиях искусственного кровообращения, когда сердце заменяет артериальный насос, активно влиять на гемодинамику организм может только с помощью сосудистого сопротивления [1].



Рисунок 1 – Механизм поддержания постоянства МОК

Переход на ИК всегда сопровождается падением ОПС и АД. Из кривых зависимости АД от ОС (объёмной скорости) и ОПС от ОС (рисунки 2 и 3) можно сделать вывод: при снижении ОС до очень низких величин, АД остается на достаточно высоком, измеримом уровне, а сопротивление приближается к бесконечности. То есть проходимость сосудистого русла равна 0 (нулю), а значит, все сосуды находятся в спавшемся состоянии [1]. Опасность полного закрытия сосудов даже при незначительном уменьшении МОК обуславливает необходимость применения в данной ситуации сосудорасширяющих средств.

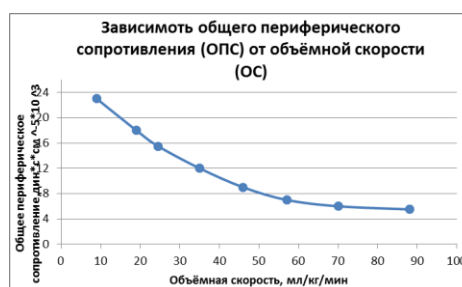


Рисунок 2 – График зависимости ОПС от ОС



Рисунок 3 – График зависимости АД от ОС

3) Значение центрального венозного давления (ЦВД) должно быть равно нулю или близко к нему.

Нормальным состоянием перфузионного баланса является такое положение, когда часть крови из организма переходит в аппарат, что достигается дренированием венозной системы по принципу сифона. Форсировать эвакуацию крови из полых вен не стоит, так как это может привести к их спадению вследствие присасывающего эффекта и задержке крови в организме. Контролем эффективности венозного оттока служит центральное венозное давление, то есть давление в любой из полых вен. Оптимальными считают низкие, близкие к нулю, цифры венозного давления. Повышение ЦВД (выше 0 мм.рт.ст.) на фоне сниженного коллоидно-осмотического давления (КОД) будет способствовать выходу жидкости в ткани, развитию интерстициальных отеков, и, как следствие, нарушению тканевого метаболизма [1].

4) На микроциркуляторном уровне при ИК наблюдается централизация кровообращения – явление ухудшения тканевого кровотока, несмотря на достаточно большой общий кровоток в данной сосудистой области.

Причинами централизации кровообращения являются пониженное АД и повышенная склонность к внутрисосудистой агрегации эритроцитов во время ИК. Вследствие недостаточности капиллярного кровотока особенно страдают почки и головной мозг с развитием недостаточности этих органов в постоперационном периоде. Для предупреждения централизации кровообращения и её неблагоприятных последствий:

- 1) применяют пульсацию, которая улучшает мозговой и почечный кровоток;
- 2) с целью снижения контакта эритроцитов и белков плазмы с чужеродной поверхностью в устройствах АИК применяют биосовместимые материалы;

3) для детекции тромбоза используют метод доплерографии.

Выводы:

Условия искусственного кровообращения являются стрессовыми для организма. Переход на ИК сопровождается изменениями гемодинамики и микроциркуляции крови. Наблюдаются:

- расширение сосудов и уменьшение МОК;
- падение АД и ОПС;
- ухудшение венозного оттока;
- централизация кровообращения.

Функциональное устройство аппаратов искусственного кровообращения направлено на нормализацию кровотока и поддержание гемостаза, что исключает возможность развития патологических последствий после кардиоопераций.

M. V. Galka

**HEMODINAMICS AND BLOOD CIRCULATION DURING OPERATIONS
IN CARDIOPULMONARY BYPASS. METHODS OF BLOOD SAVING AND
OPTIMIZATION OF BLOOD FLOW**

*Tutors: associate professor V.G.Leshchenko
Department of Medical and Biological Physics,
Belarusian State Medical University, Minsk*

Литература

1. Осипов, В.П. Основы искусственного кровообращения. / В.П. Осипов.– М.: Медицина, 1976. – 377 с.
2. Трансфузионная тактика при операциях на сердце и аорте / Трекова Н.А., Соловьева Л.Е., Гуськов Д.А. и др. // Анестезиология и реаниматология. – 2014. – №3. – С. 4-10.
3. Аверина, Т.Б. Искусственное кровообращение / Т.Б. Аверина // Анналы хирургии. – 2013. – №2. – С. 5-12.
- Ст.А. Евтушенко Оптимизация искусственного кровообращения при кардиохирургических вмешательствах без использования донорской крови: дис. ... канд. мед. наук : 14.00.37 / Ст.А. Евтушенко. — 2009. — 114 с.
4. Джорджикия, Р. К. Применение кровосберегающих технологий у кардиохирургических больных, оперированных в условиях искусственного кровообращения / Р. К. Джорджикия // Казанский медицинский журнал. - 2012. - №2. - С. 354-356.