



Экстракорпоральная мембранная оксигенация

ЭКМО является искусственной системой замещения газообменной функции лёгких (оксигенация, элиминация  $\text{CO}_2$ ) и кровообращения, обеспечивающей доставку  $\text{O}_2$  к периферическим тканям при грубых, жизнеугрожающих расстройствах системной гемодинамики и/или лёгочного газообмена.

# План.

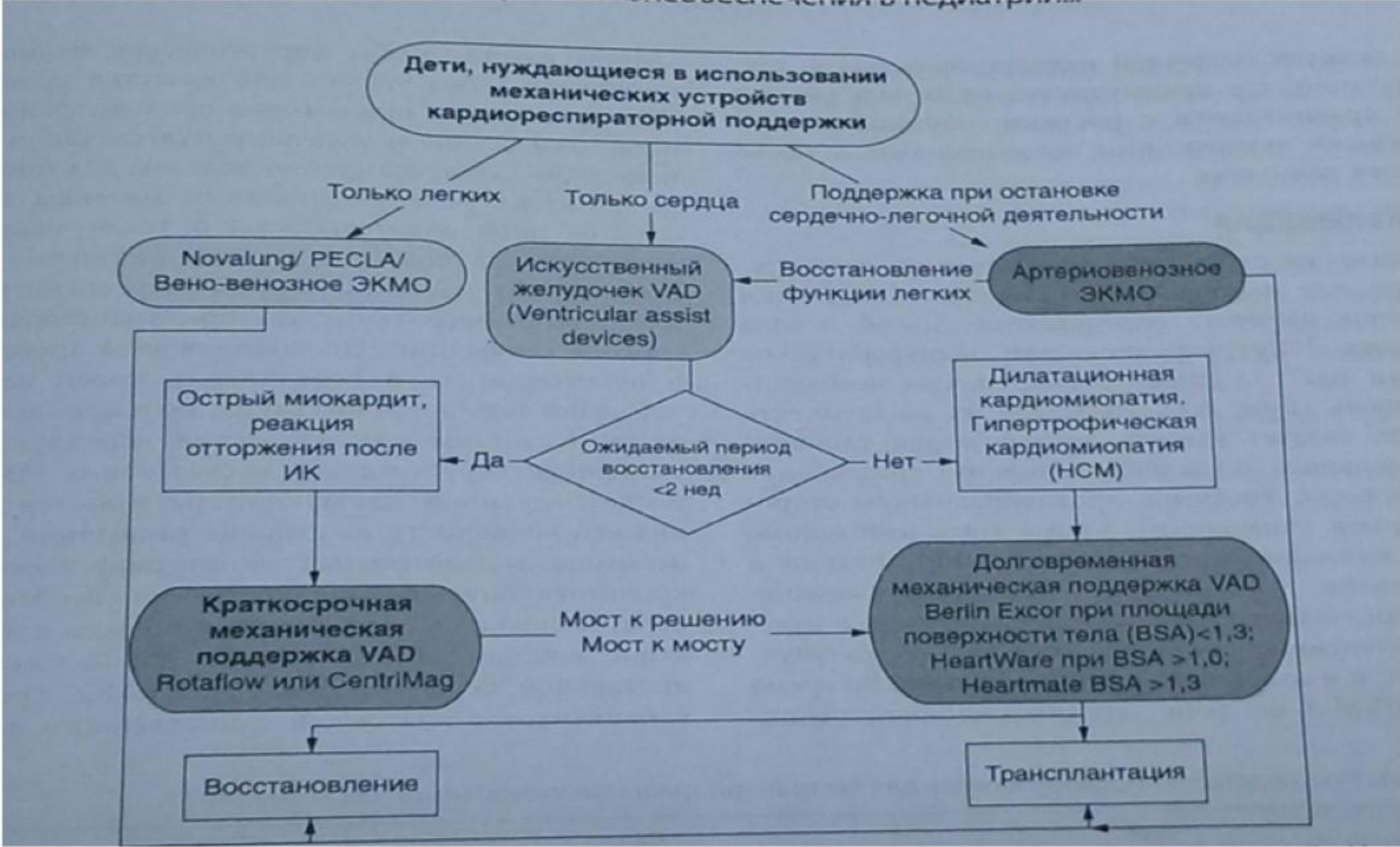
- *Показания к ЭКМО;*
- *Противопоказания к ЭКМО;*
- *Строение аппарата ЭКМО его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;*
- *Методики канюляции и деканюляции;*
- *Классификация и особенности разных групп ЭКМО:*
  - *Вено-артериальная ЭКМО:*
    - *Центральная;*
    - *Периферическая;*
    - *Самопоточная ;*
  - *Вено-венозная ЭКМО;*
  - *Вено-артерио-венозная ЭКМО;*
  - *Результаты;*

- Показания к ЭКМО;
- Противопоказания к ЭКМО;
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- Методики канюляции и деканюляции;
- Классификация и особенности разных групп ЭКМО:
  - Вено-артериальная ЭКМО:
    - Центральная;
    - Периферическая;
    - Самопоточная ;
  - Вено-венозная ЭКМО;
  - Вено-артерио-венозная ЭКМО;
  - Результаты;

## Показания к ЭКМО.

- Посткардиотомная сердечная недостаточность;
- При СЛР (продолжительность до начала подключения не более 30 минут);
- Механическая поддержка кровообращения перед трансплантацией сердца
- Ранняя или отсроченная дисфункция сердечного трансплантата;
- Резистентная к кардиотонической терапии острая миокардиальная недостаточность, в т.ч. при миокардитах, миокардиопатиях и т.д..
- Механическая и газообменная поддержка организма во время выполнения трансплантации лёгких, а так же как «мост» к трансплантации легких;
- Механическая поддержка кровообращения и газообмена у донора;
- Грубые, жизнеугрожающие расстройства лёгочного газообмена, сопровождающиеся нарушением оксигенирующей (артериальная гипоксемия) и/или вентиляционной (артериальная гиперкапния) функции лёгких: PEEP > 11-15 mm Hg; Vt > 6-8 ml/kg/BW; Pplat > 22 mm Hg; PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> < 80; pH < 7.15;

# Алгоритм принятия решения для механической кардиореспираторной поддержки, используемый в Национальном медицинском центре педиатрии (Children's National Medical Center).



- Показания к ЭКМО;
- Противопоказания к ЭКМО;
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- Методики канюляции и деканюляции;
- Классификация и особенности разных групп ЭКМО:
  - Вено-артериальная ЭКМО:
    - Центральная;
    - Периферическая;
    - Самопоточная ;
  - Вено-венозная ЭКМО;
  - Вено-артерио-венозная ЭКМО;
  - Результаты;

# Противопоказания к ЭКМО.

*«ЭКМО должна быть средством для достижения конечной цели (восстановления, трансплантации или долговременной поддержки, дающей время врачу), а не являться самоцелью» - Р.А. Джонас*

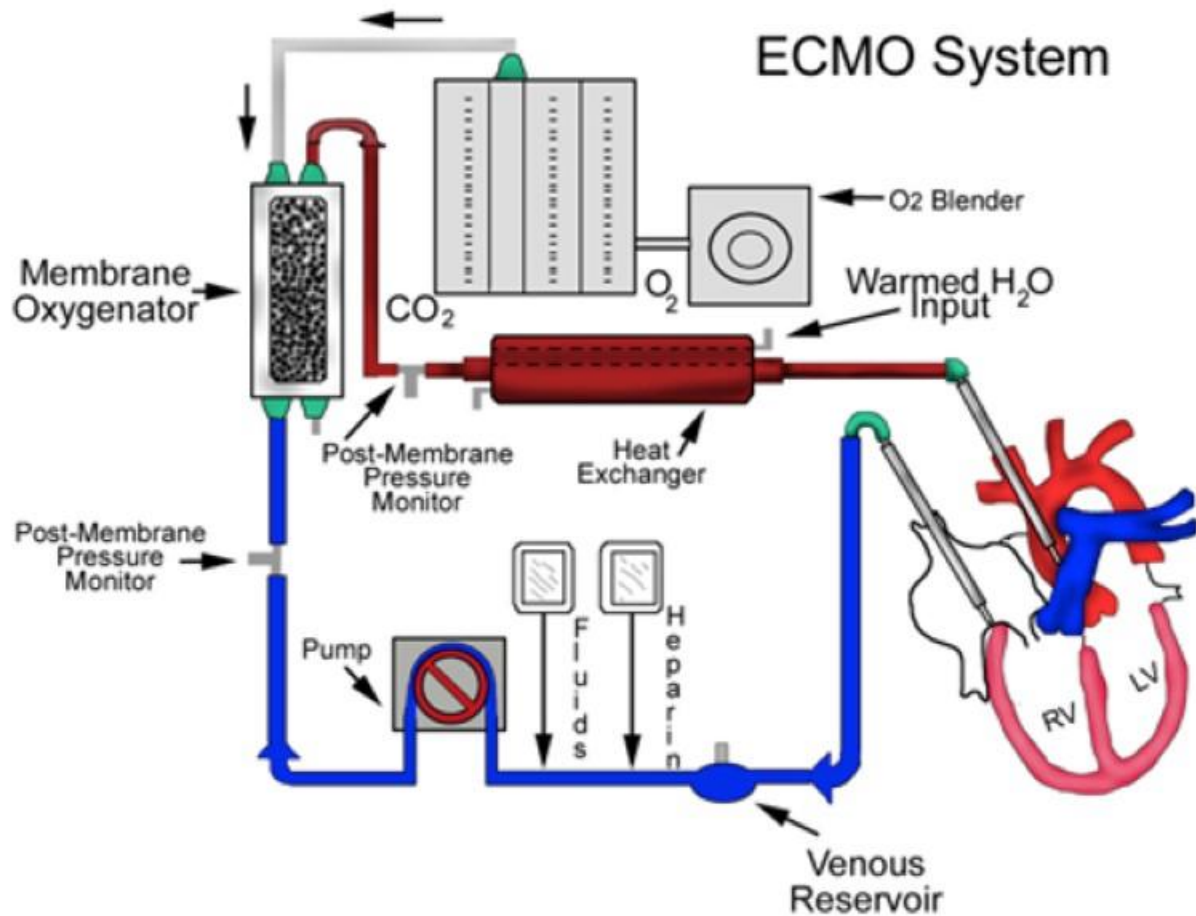
- Онкологические заболевания 2 стадии и выше;
- Коагулопатия;
- Сепсис;
- Значительный неврологический дефицит;
- Внутричерепное кровоизлияние;
- Сильно недоношенные дети с экстремально низкой массой тела;
- Большие генетические а также экстракардиальные или экстрапульмональные аномалии;
- Противопоказания к трансплантации, если ЭКМО служит «мостом»;



# План.

- Показания к ЭКМО;
- Противопоказания к ЭКМО;
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- Методики канюляции и деканюляции;
- Классификация и особенности разных групп ЭКМО:
  - Вено-артериальная ЭКМО:
    - Центральная;
    - Периферическая;
    - Самопоточная ;
  - Вено-венозная ЭКМО;
  - Вено-артерио-венозная ЭКМО;
  - Результаты;

# Строение аппарата ЭКМО.

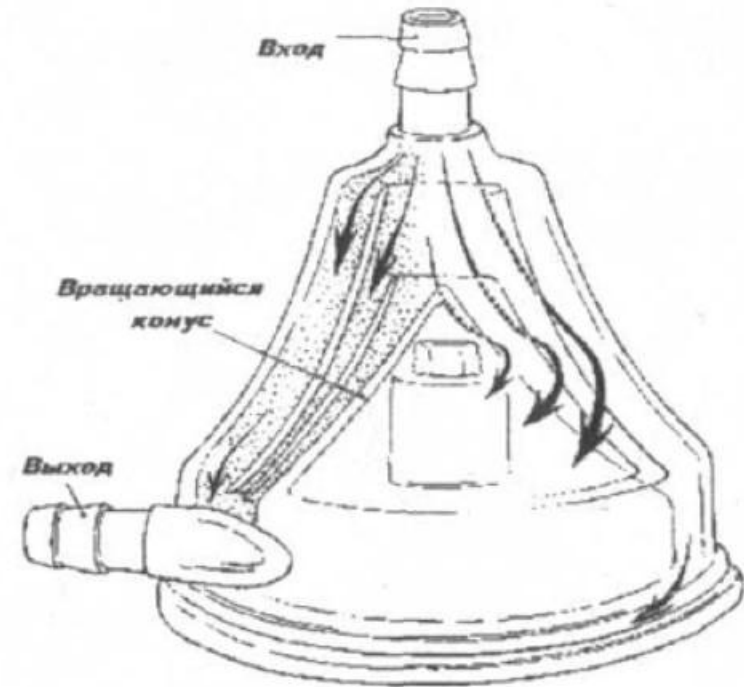
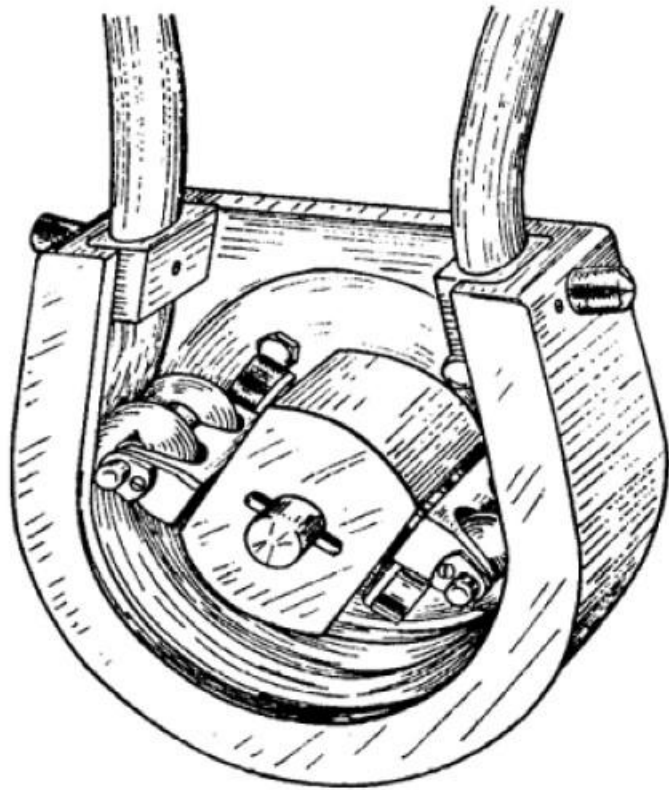


В его конструкции выделяют:

1. Насос
2. Оксигенатор
3. Волокна для теплообмена
4. Датчик детектор воздушных пузырей
5. Линия для забора крови
6. Линия для подачи крови
7. Датчики давления, температуры, скорости потока
8. Монитор

# Насосы.

Для экстракорпорального кровообращения применяется два вида насосов: роликовые и ротационные. Роликовые насосы используются чаще в кардиохирургии для проведения ИК. Для целей вспомогательного кровообращения целесообразно применять центрифужные (ротационные) насосы т. к. они меньше повреждают форменные элементы крови, имеют меньший объём заполнения и меньший размер.



# Оксигенатор.

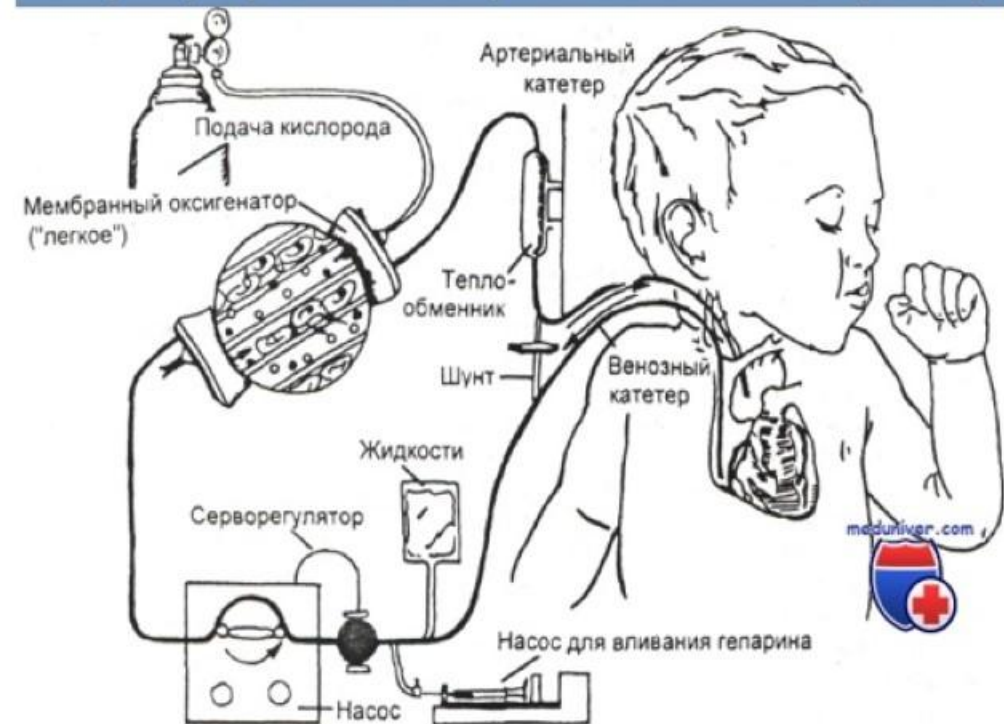


Современные оксигенаторы, имеют капиллярное или полуволоконное строение. В зависимости от расположения крови по отношению к мембране капиллярного волокна выделяют два основных типа оксигенаторов. Кровь, может располагаться или с внешней стороны капиллярного волокна, омывая его снаружи, или проходить внутри капиллярного волокна. При втором типе существует повышенный риск тромбоза капилляров, в связи, с чем в настоящее время выпускаются капиллярные оксигенаторы первого типа.

# Теплообмен.

Теплообменные контуры в современных аппаратах ЭКМО, интегрированы в оксигенатор, что уменьшает размер аппарата и позволяет уходить от наружной регуляции температуры пациента (пакеты со льдом, температурорегулируемые матрацы и одеяла).

## Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО)



## Отличие ЭКМО от ИК.

ЭКМО представляет собой замкнутый контур без венозного резервуара, в котором можно нивелировать любые изменения объема, устранять пузырьки воздуха и пену из циркулирующей крови, а так же не имеет артериального фильтра чтобы предотвратить поступление воздушных эмболов или тромбов в артериальное русло пациента . Данное строение подразумевает, что все корректировки объемов должны производиться организмом.

# Канюли.

Венозные и артериальные канюли предназначены для забора крови и последующего её возврата в организм после прохождения через оксигенатор. Канюли для ЭКМО, выпускаемые различными фирмами-производителями, имеют сходное строение, скоростные и резистивные характеристики. Правильный выбор размера (диаметра) и длины канюль влияет на адекватность осуществления экстракорпорального кровообращения и самой процедуры ЭКМО, особенно при периферической методике её проведения.

Венозные канюли делятся на однопросветные и двухпросветные.

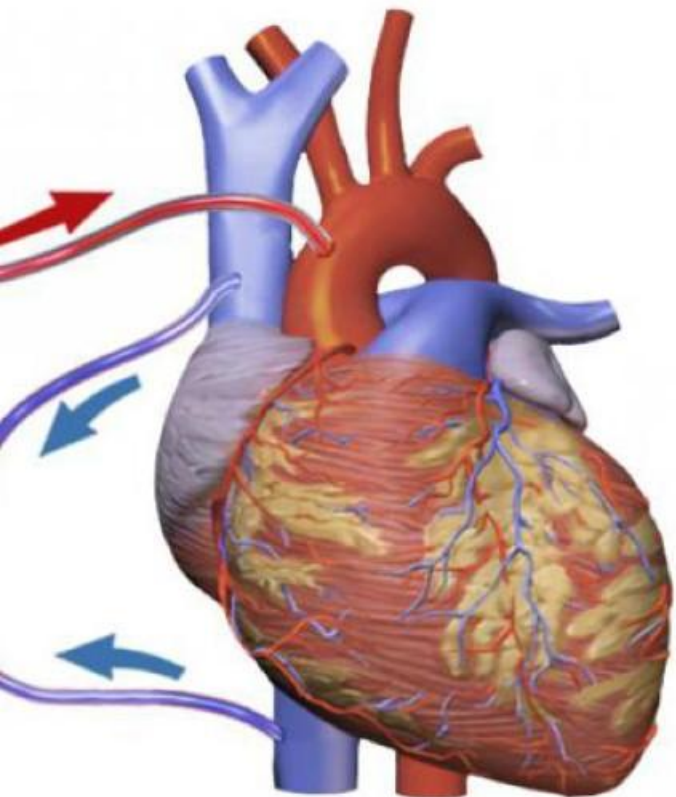


- Показания к ЭКМО;
- *Противопоказания к ЭКМО;*
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- *Методики канюляции и деканюляции;*
- *Классификация и особенности разных групп ЭКМО:*
  - *Вено-артериальная ЭКМО:*
    - *Центральная;*
    - *Периферическая;*
    - *Самопоточная ;*
  - *Вено-венозная ЭКМО;*
  - *Вено-артерио-венозная ЭКМО;*
  - *Результаты;*



# Методы канюляции.

Центральна канюляция  
(внутригрудная)



Периферическая канюляция  
(пункционный или открытый  
способ)



Сосуды верхней части  
тела(дети до 10кг.):

- общая сонная артерия (a. carotis communis)
- внутренняя яремная вена (v.jugularis interna)



Сосуды нижней части тела:

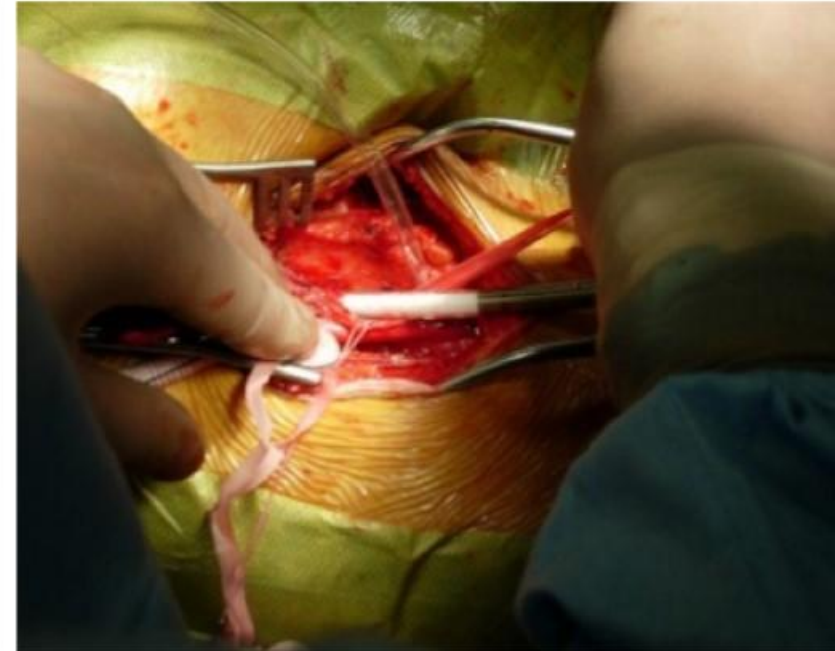
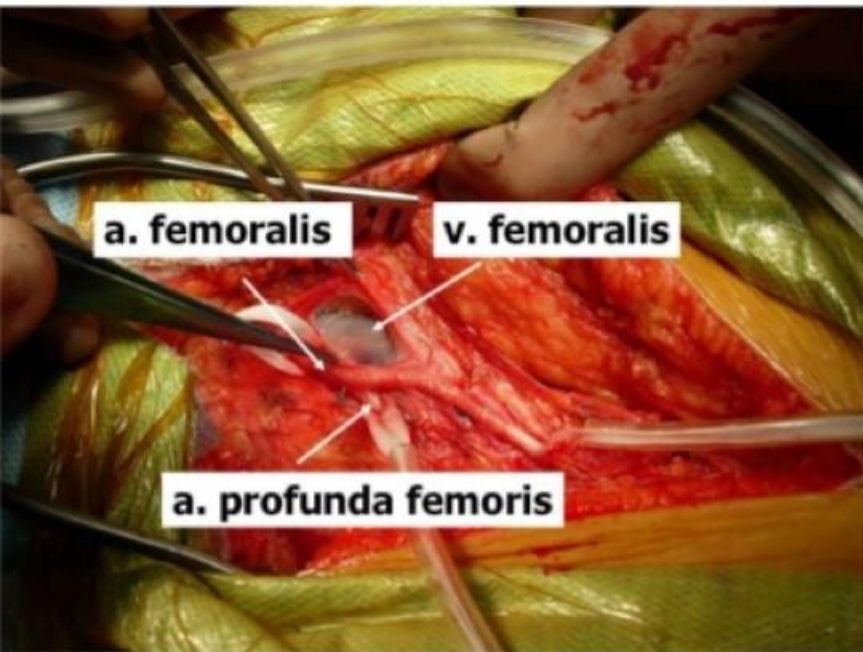
- общая бедренная артерия (a. femoralis communis)
- бедренная вена (v. femoralis)

Пункционную канюляцию практически не применяют, так как этот вариант сопровождается большими осложнениями как на этапе канюляции, так и деканюляции, в сравнении с открытым доступом..

Канюляция через **общую бедренную артерию** имеет **преимущества** перед другими анатомическими вариантами, прежде всего **из-за меньшего риска возникновения эмболического поражения** (тромбоэмболия, материальная и газовая эмболия) головного мозга, сосудов сердца и верхней части пуловища, а также из-за удобства технического исполнения.

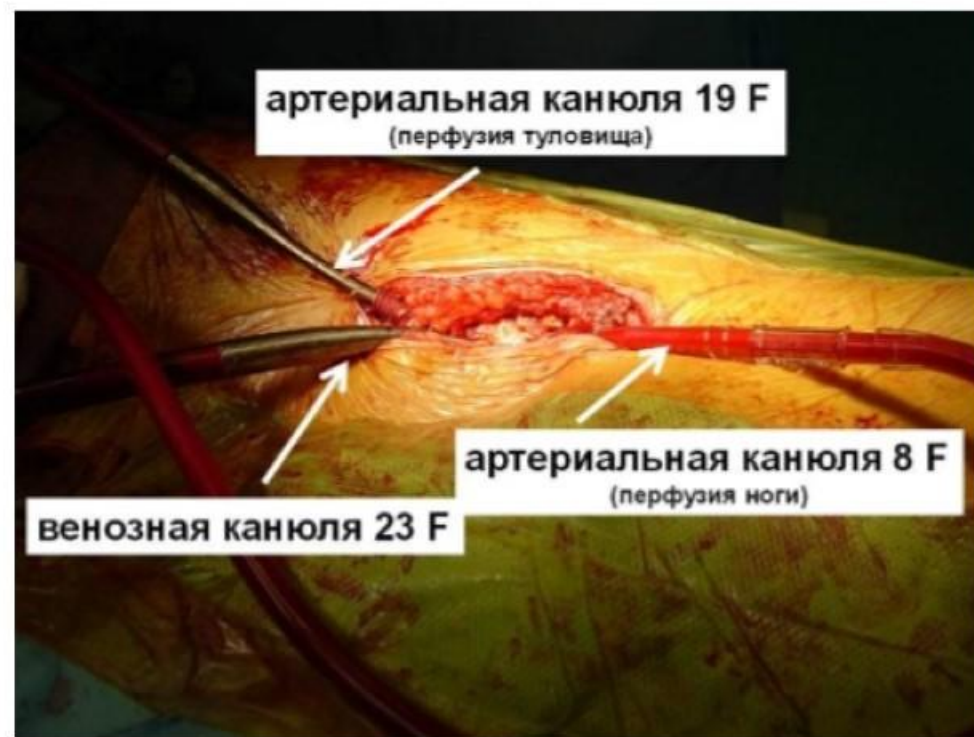
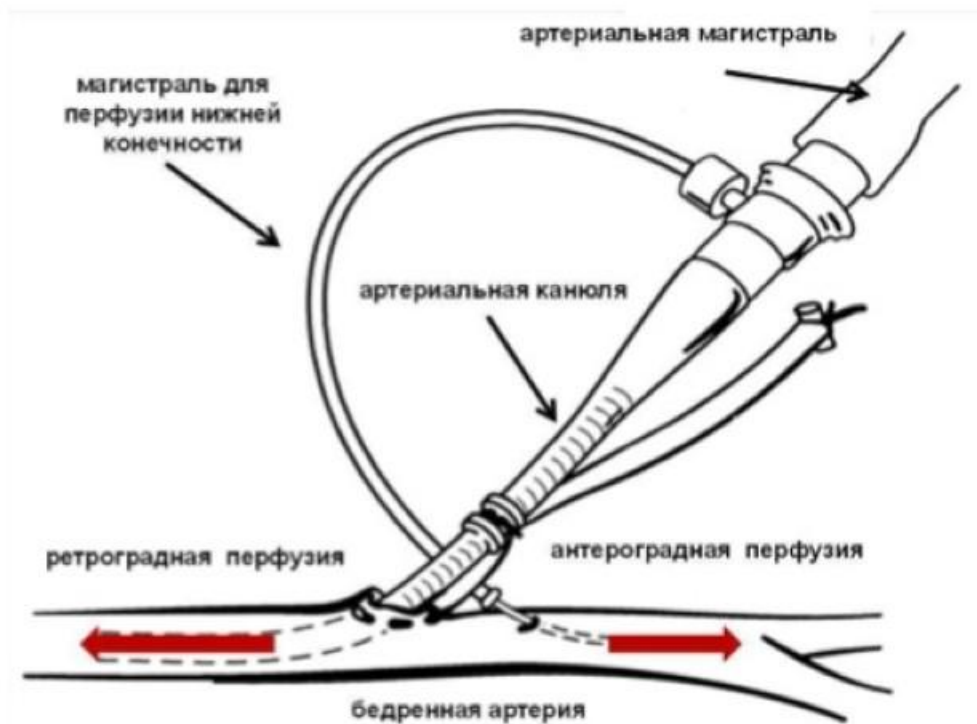
# Прямая периферическая канюляция.

Производится мобилизация участка передней стенки артерии, и наложение кисетного шва в месте, где планируется проведение артериальной канюли. В центре кисетного шва осуществляется пункция артериальной стенки, проведение металлического проводника-направителя, дилатация и последующая установка артериальной канюли, которая фиксируется с помощью хирургической нити (пролен), используемой для наложения кисетного шва. Аналогичным образом производится открытая постановка венозной канюли.



# Профилактика ишемии нижней конечности.

Для профилактики ишемии осуществляется изолированная перфузия нижней конечности через артериальную канюлю.

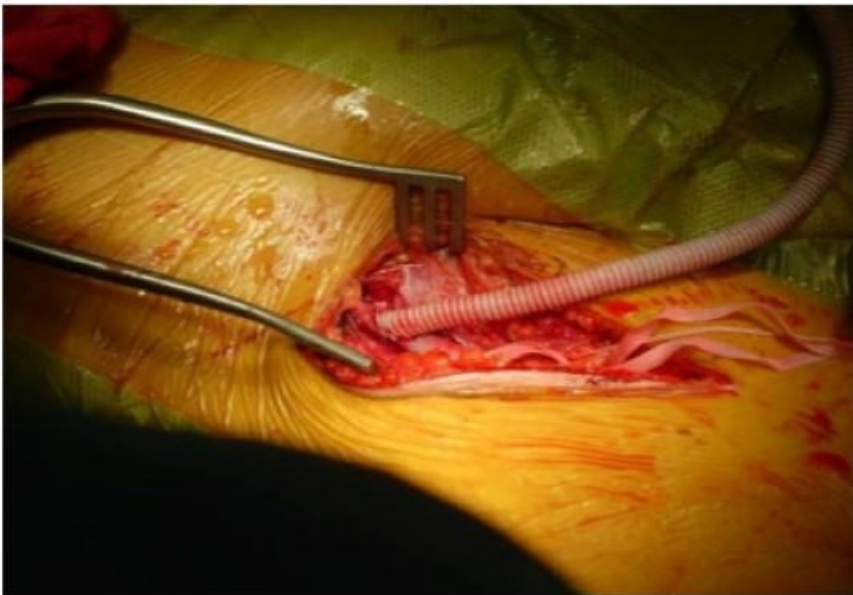


# Прямая периферическая канюляция через подшитый протез .

Вторым способом установки артериальной канюли при канюляции является проведение канюли через предварительно пришитый к стенке артерии сосудистый протез диаметром.

Использование сосудистого протеза облегчает процедуру удаления артериальной канюли, уменьшает риск повреждения и необходимости выполнения пластики/протезирования сосудистой стенки после прекращения использования ЭКМО.

При использовании сосудистого протеза артериальная канюля может быть установлена в его просвете без последующего проведения в бедренную артерию или проведена в просвет бедренной артерии



# Выведение периферических канюль.

Выведение через углы раны.



Выведение через контрапертурные отверстия.



Создание дополнительного подкожного канала для проведения канюль может не только уменьшить риск инфицирования места постановки канюль, но и способствовать их более лучшей фиксации, что может быть выгодным при продолжительном использовании периферической ЭКМО.

- Показания к ЭКМО;
- *Противопоказания к ЭКМО;*
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- Методики канюляции и деканюляции;
- *Классификация и особенности разных групп ЭКМО:*
  - *Вено-артериальная ЭКМО:*
    - *Центральная;*
    - *Периферическая;*
    - *Самопоточная ;*
  - *Вено-венозная ЭКМО;*
  - *Вено-артерио-венозная ЭКМО;*
  - *Результаты;*

# Вено-артериальная ЭКМО.

ВА ЭКМО является одним из методов экстракорпоральной поддержки кровообращения, применяемых для коррекции грубых нарушений насосной функции сердца при наличии или отсутствии сопутствующих расстройств газообменной функции лёгких.



# Показания к вено-артериальной ЭКМО.

Основными направлениями клинического применения ВА ЭКМО являются:

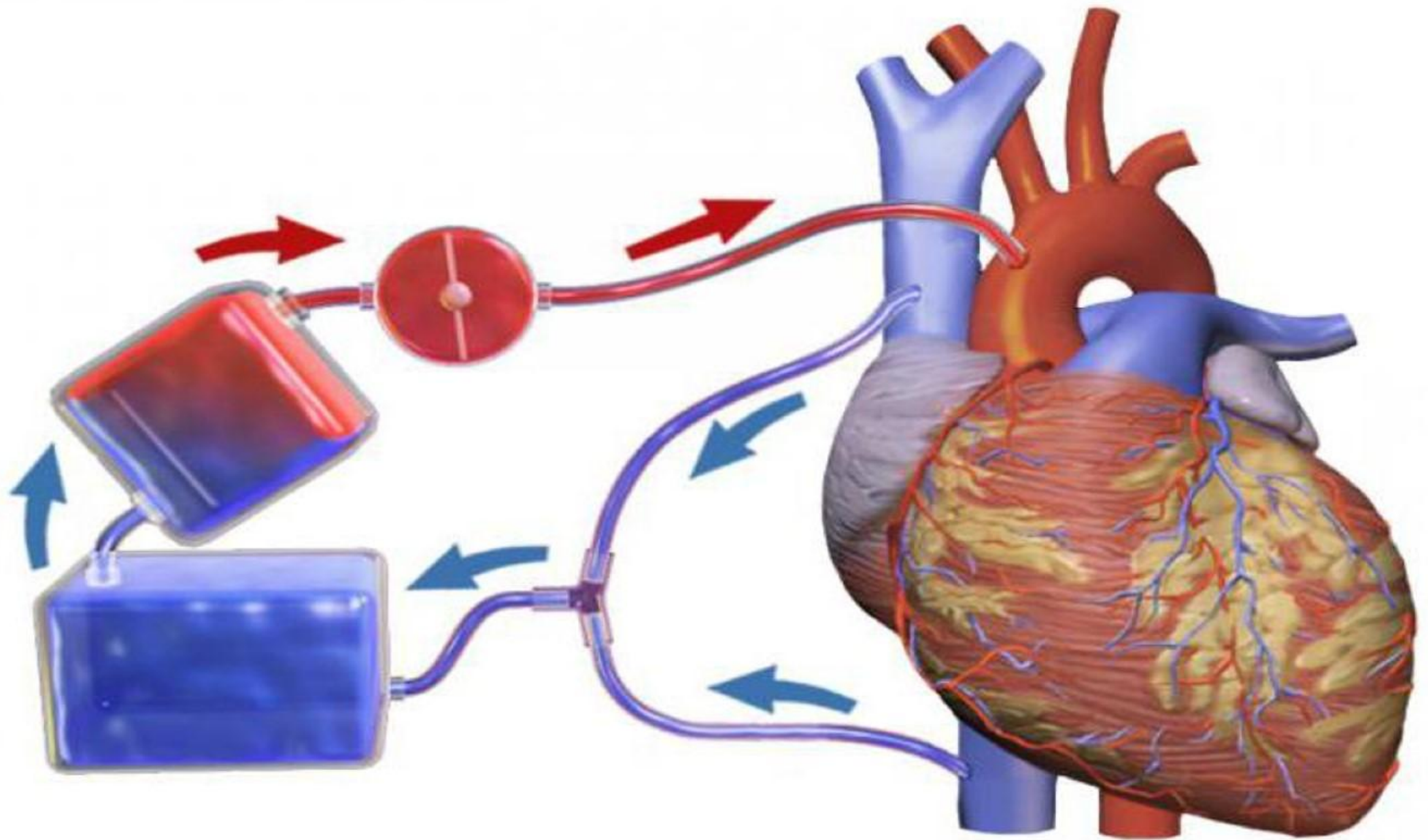
- Посткардиотомная сердечная недостаточность;
- Механическая поддержка кровообращения перед трансплантацией сердца
- Ранняя или отсроченная дисфункция сердечного трансплантата;
- Резистентная к кардиотонической терапии острая миокардиальная недостаточность;
- Механическая и газообменная поддержка организма во время выполнения трансплантации лёгких; неэффективность ВВ ЭКМО в случае присоединения к дыхательной недостаточности грубых расстройств насосной функции сердца;
- Механическая поддержка кровообращения и газообмена у донора;

- Показания к ЭКМО;
- Противопоказания к ЭКМО;
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- Методики канюляции и деканюляции;
- *Классификация и особенности разных групп ЭКМО:*
  - *Вено-артериальная ЭКМО:*
    - *Центральная;*
    - *Периферическая;*
    - *Самопоточная ;*
  - *Вено-венозная ЭКМО;*
  - *Вено-артерио-венозная ЭКМО;*
  - *Результаты;*

# Центральная ВА ЭКМО.

При центральной ВА ЭКМО выполняется канюляция правого предсердия и аорты, требующая выполнения открытого доступа к сердцу (стернотомия, торакотомия).

Основным показанием к применению центральной ВА ЭКМО является посткардиотомная сердечная недостаточность, при которой не удаётся произвести отключение пациента от аппарата искусственного кровообращения, несмотря на массивную кардиотоническую терапию и применение менее агрессивных методов вспомогательного кровообращения (например, внутриаортальной баллонной контрпульсации).



# Преимущества центральной ВА ЭКМО.

- Равномерное распределение оксигенированной крови в антероградном направлении по всем артериальным бассейнам организма, включая сердце, головной мозг;
- Использование для канюляции правого предсердия венозной канюлей большого диаметра обеспечивает адекватный дренаж крови, разгрузку правых отделов сердца и малого круга, высокую объёмную скорость экстракорпорального кровотока при меньших оборотах центрифужного насоса;
- Меньший риск повреждения форменных элементов крови и развитие внутрисосудистого гемолиза

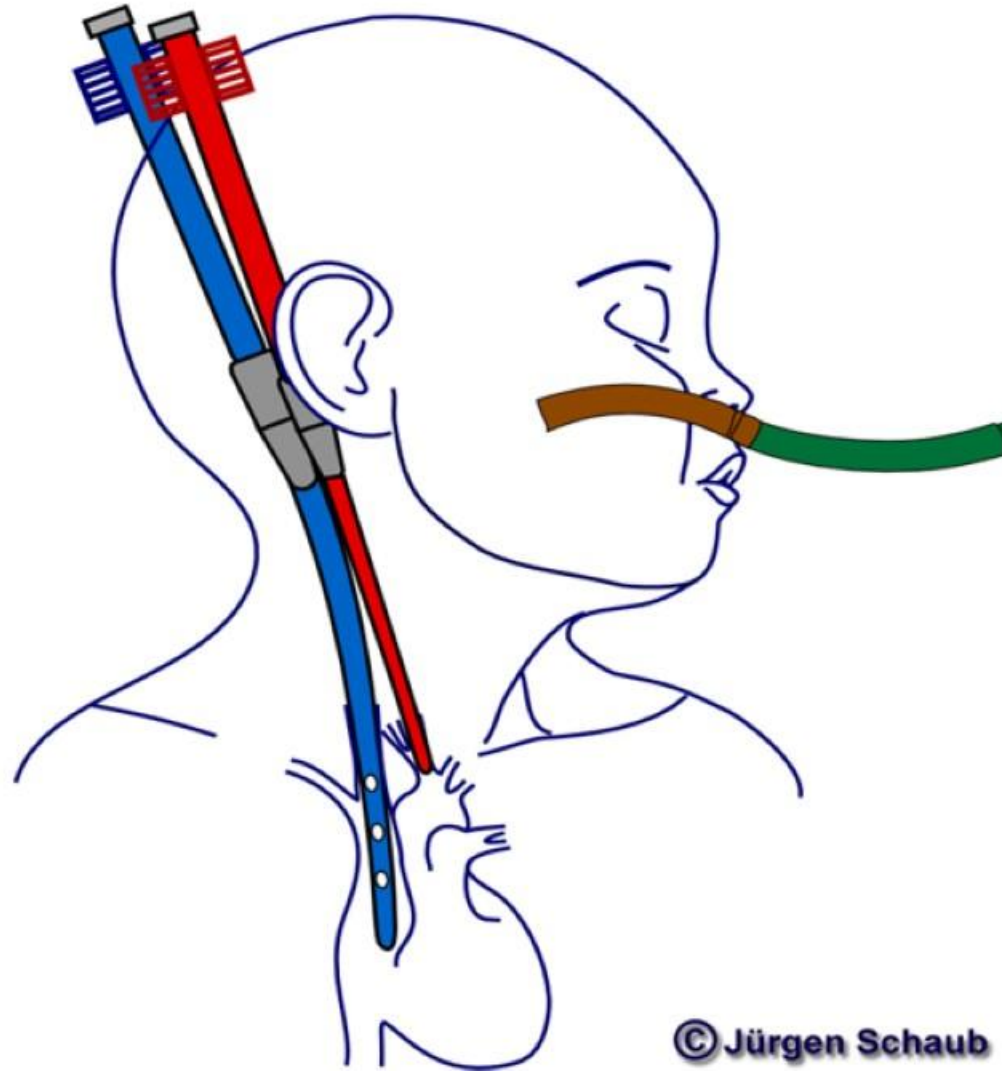
## Недостатки центральной ВА ЭКМО.

- Повышенный риск возникновения эмболий (тромб, материалый или газовой эмбол) в сосуды головного мозга, сердца, чревной ствол, почки и др., что может негативно повлиять на результативность лечения;
- Высокая периоперационная кровопотеря;
- В случае успешного разрешения сердечной или сердечно-дыхательной недостаточности для прекращения ВА ЭКМО необходимо выполнение повторного оперативного вмешательства на грудной клетке и сердце, проведение которого сопряжено с дополнительной кровопотерей и другими возможными осложнениями.

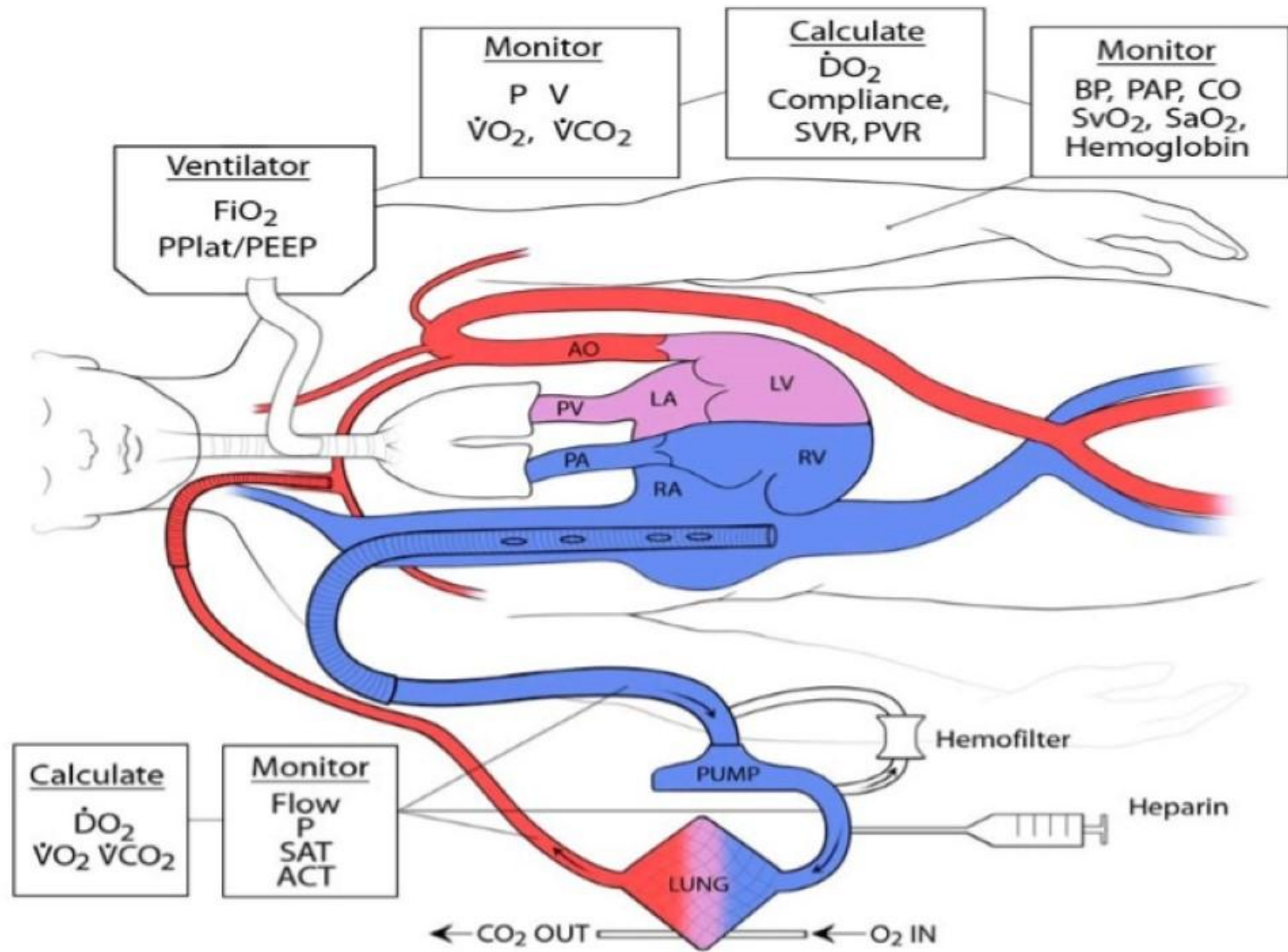
- Показания к ЭКМО;
- *Противопоказания к ЭКМО;*
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- *Методики канюляции и деканюляции;*
- *Классификация и особенности разных групп ЭКМО:*
  - *Вено-артериальная ЭКМО:*
    - *Центральная;*
    - *Периферическая;*
    - *Самопоточная ;*
  - *Вено-венозная ЭКМО;*
  - *Вено-артерио-венозная ЭКМО;*
  - *Результаты;*

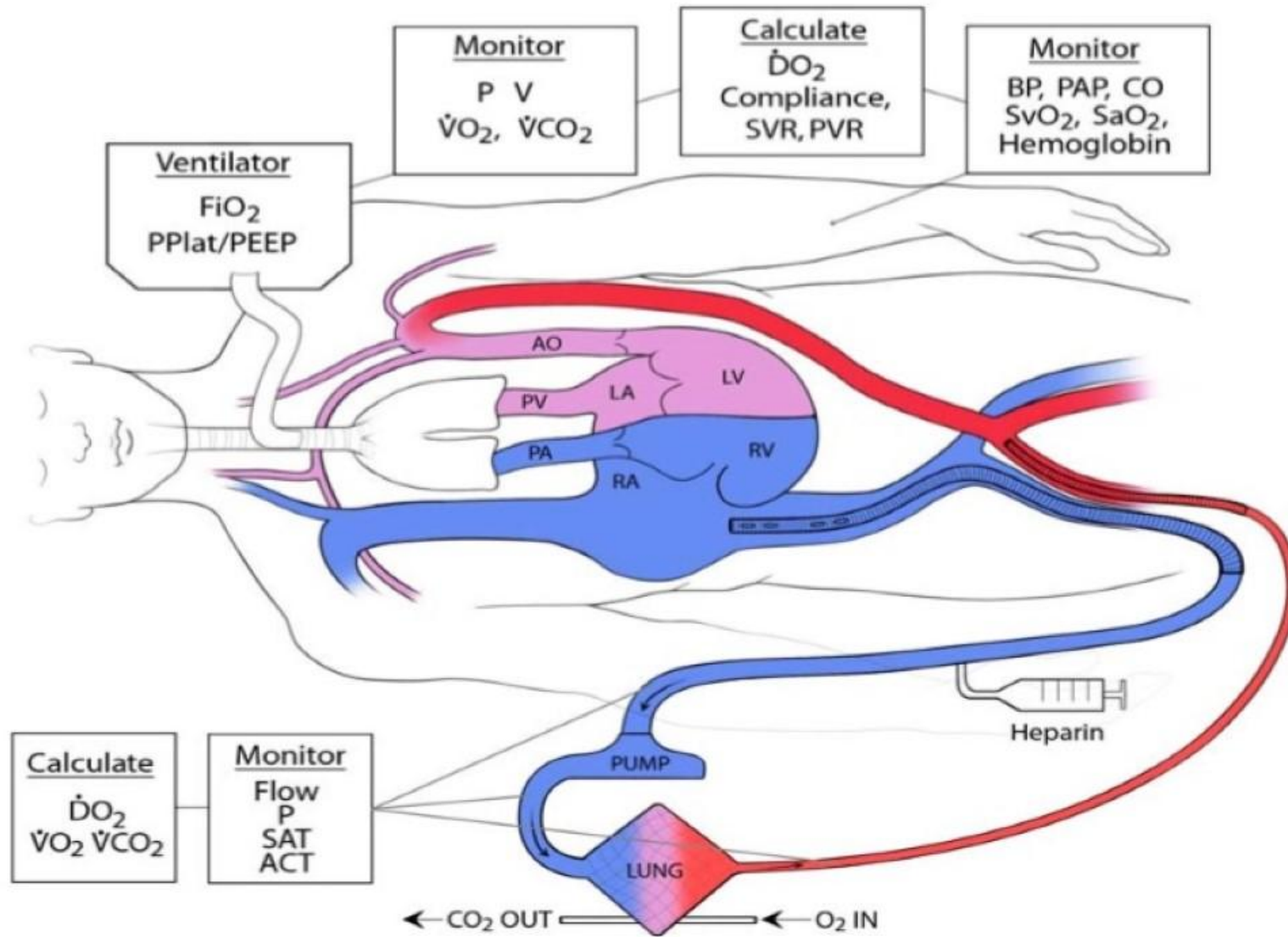
# Периферическая ВА ЭКМО.

Периферическая методика ВА ЭКМО основана на заборе и возврате крови через канюли, установленные в периферические сосуды.









# Преимущества периферической ВА ЭКМО.

- менее травматичная методика канюляции
- возможность выполнения канюляции под местной или внутривенной анестезией;
- сохранение интактной грудной клетки и полости перикарда (последующая трансплантации сердца или кардиохирургическая операция);
- меньший риск лёгочных осложнений из-за отсутствия необходимости стернотомии;
- меньший риск воздушной и материальной эмболии в коронарные сосуды, сосуды головного мозга;
- меньший риск интра- и послеоперационной кровопотери;
- меньший риск развития инфекционных осложнений;
- более быстрая послеоперационная активизация пациентов;
- менее травматичная методика деканюляции. Степень

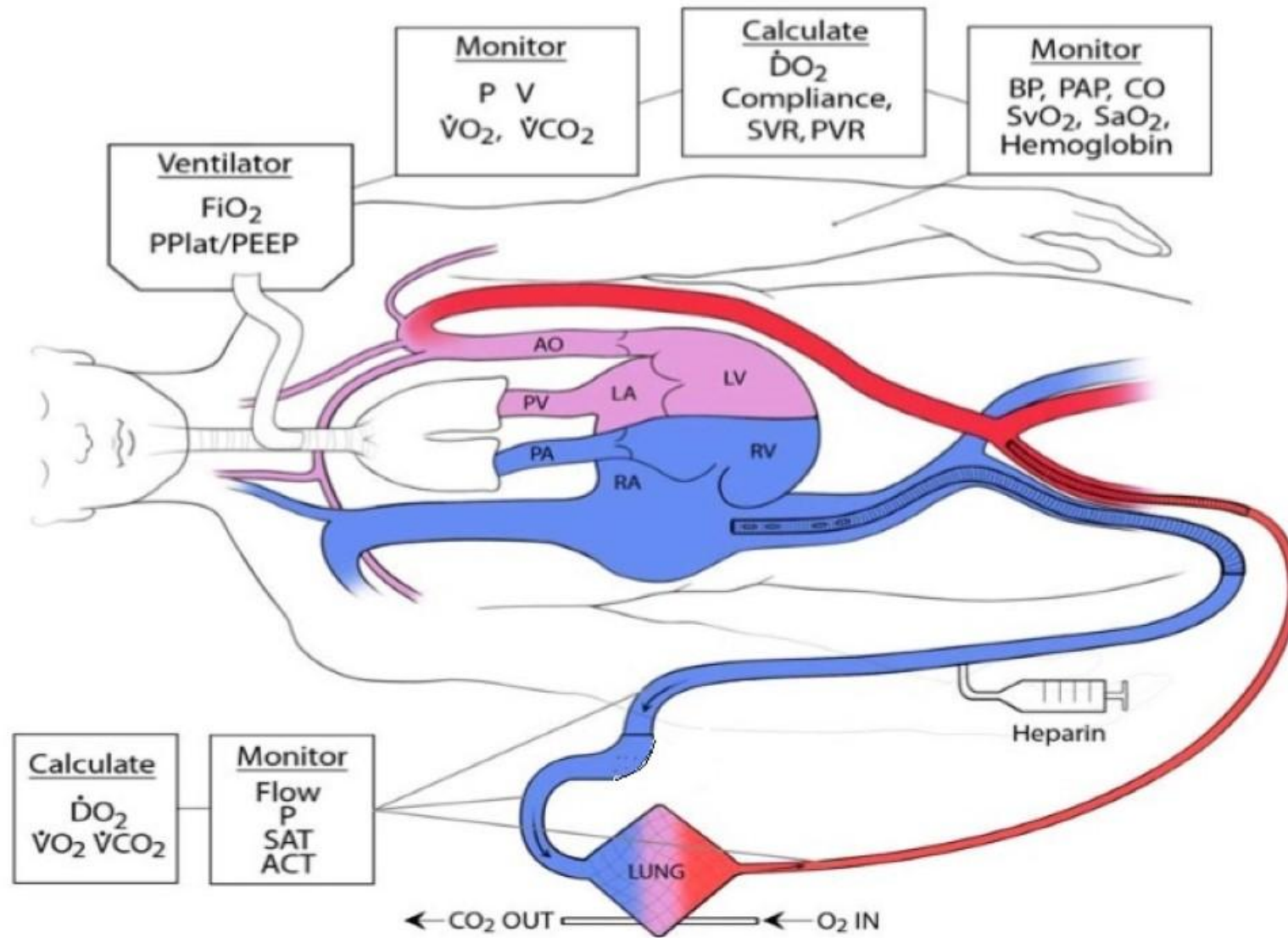
# Недостатки периферической ВА ЭКМО.

- недостаточный уровень кровоснабжения верхней части тела (сердца, головного мозга)
- необходимость сохранения частичного кровотока по малому кругу, поддержание оксигенирующей функции лёгких и насосной функции левого желудочка
- выброс оксигенированной крови в восходящую аорту;
- неадекватная объёмная разгрузка левого желудочка, сопровождающаяся развитием застоя в малом круге кровообращения и отека лёгких ;
- риск повреждения периферических сосудов при канюляции и длительном нахождении канюль;
- риск ишемии нижней конечности (необходимость изолированной перфузии).

- Показания к ЭКМО;
- *Противопоказания к ЭКМО;*
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- Методики канюляции и деканюляции;
- *Классификация и особенности разных групп ЭКМО:*
  - *Вено-артериальная ЭКМО:*
    - *Центральная;*
    - *Периферическая;*
    - *Самопоточная* ;
  - *Вено-венозная ЭКМО;*
  - *Вено-артерио-венозная ЭКМО;*
  - *Результаты;*

# Самопоточная артерио-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация

Самопоточная АВ ЭКМО основана движение крови по экстракорпоральному контуру осуществляется за счёт градиента давления между артериальной (бедренная артерия) и венозной (бедренная вена) системой большого круга кровообращения.



# Особенности самопоточной АВ ЭКМО

Особенности проведения самопоточной АВ ЭКМО:

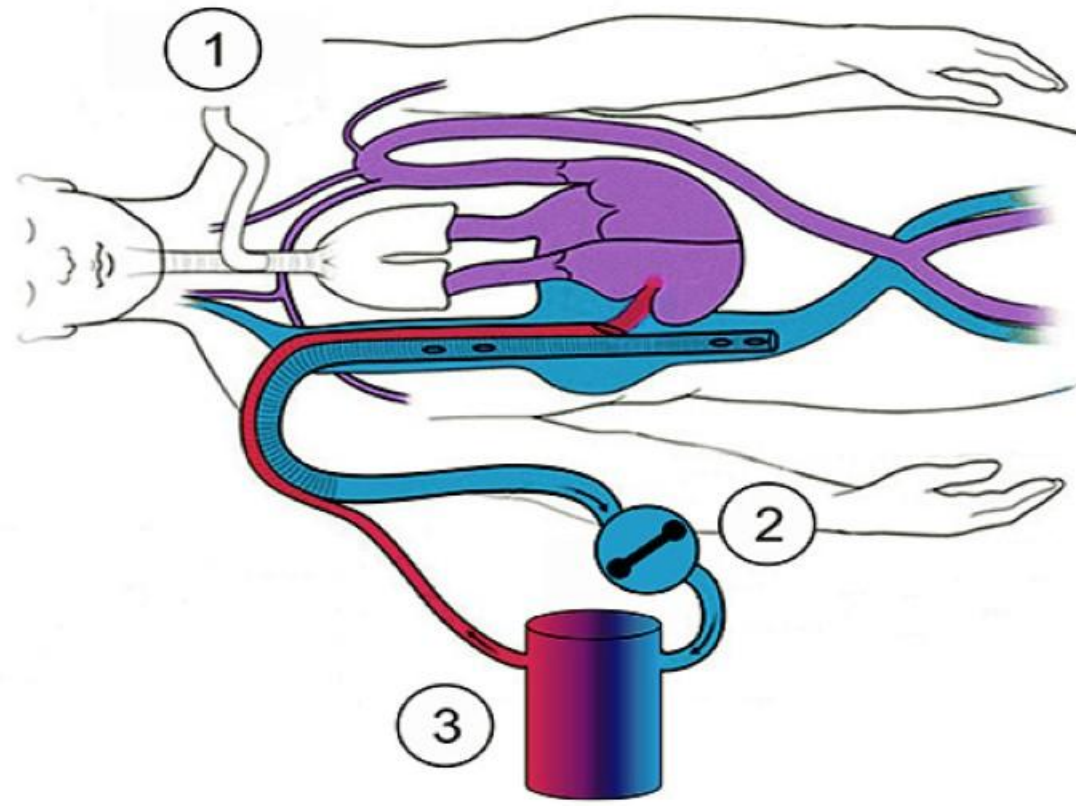
- отсутствие насоса крови и специального оборудования для проведения ЭКМО
- артерио-венозный градиент давления (АД<sub>ср.</sub> > 60 мм рт. ст.)
- объёмная скорость кровотока  $\approx 1$  л/мин
- эффективная коррекция гиперкапнии любой степени выраженности
- эффективная коррекция умеренно выраженной артериальной гипоксемии
- отсроченное более значимое влияние на  $P_aO_2$  на фоне проведения ИВЛ в протективных режимах

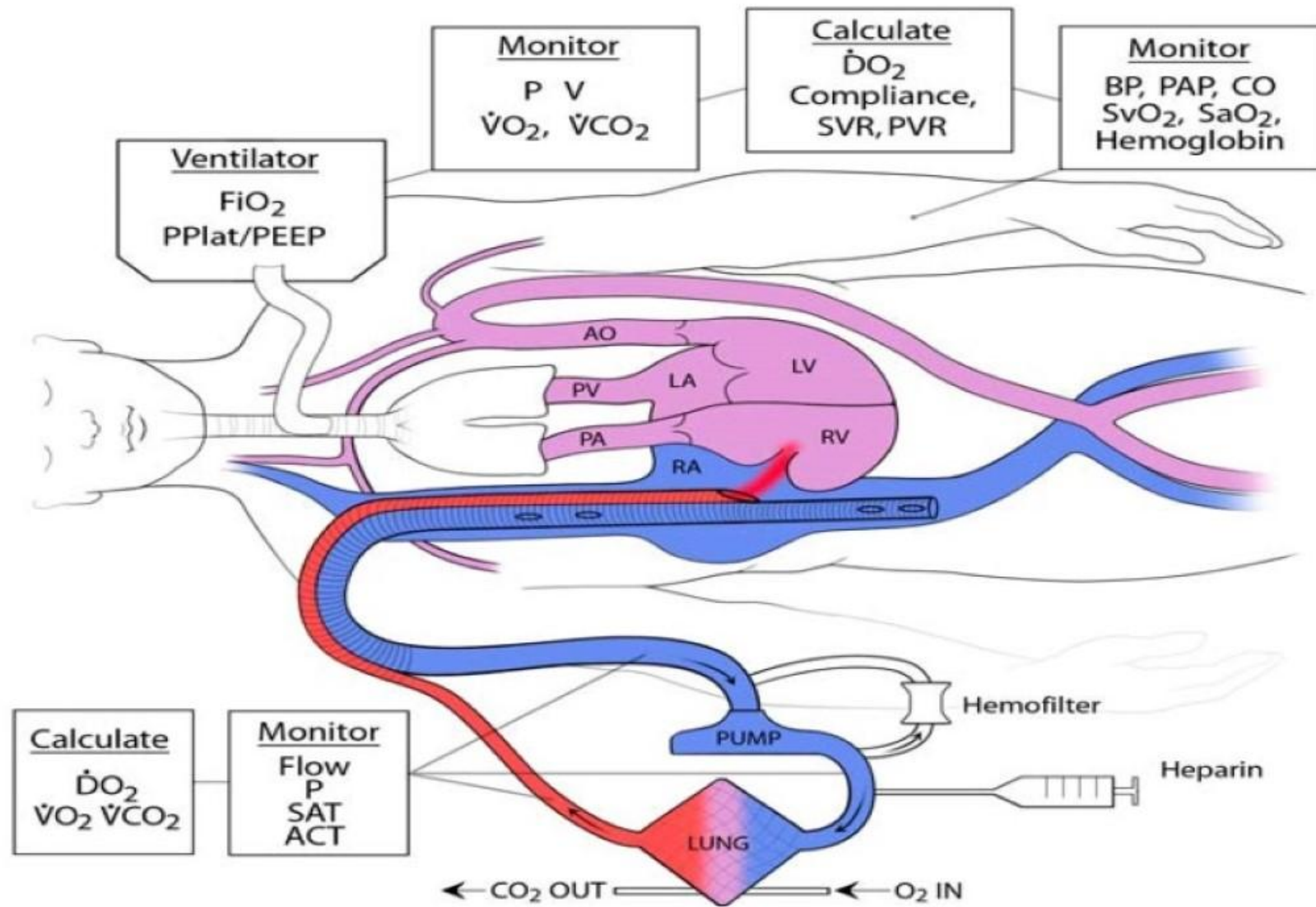


- Показания к ЭКМО;
- Противопоказания к ЭКМО;
- Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;
- Методики канюляции и деканюляции;
- Классификация и особенности разных групп ЭКМО:
  - Вено-артериальная ЭКМО:
    - Центральная;
    - Периферическая;
    - Самопоточная ;
  - Вено-венозная ЭКМО;
  - Вено-артерио-венозная ЭКМО;
  - Результаты;

# Вено-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация .

Вено-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВВ ЭКМО) является одним из направлений экстракорпоральной поддержки лёгких, основанным на замещении их газообменной функции у пациентов с жизнеугрожающей острой/хронической дыхательной недостаточностью, сопровождаемой выраженной артериальной гипоксемией и/или гиперкапнией.





# Показания к вено-венозной экстракорпоральной мембранной оксигенации.

Основным показанием к ВВ ЭКМО являются грубые, жизнеугрожающие расстройства лёгочного газообмена, сопровождающиеся нарушением оксигенирующей (артериальная гипоксемия) и/или вентиляционной (артериальная гиперкапния) функции лёгких:

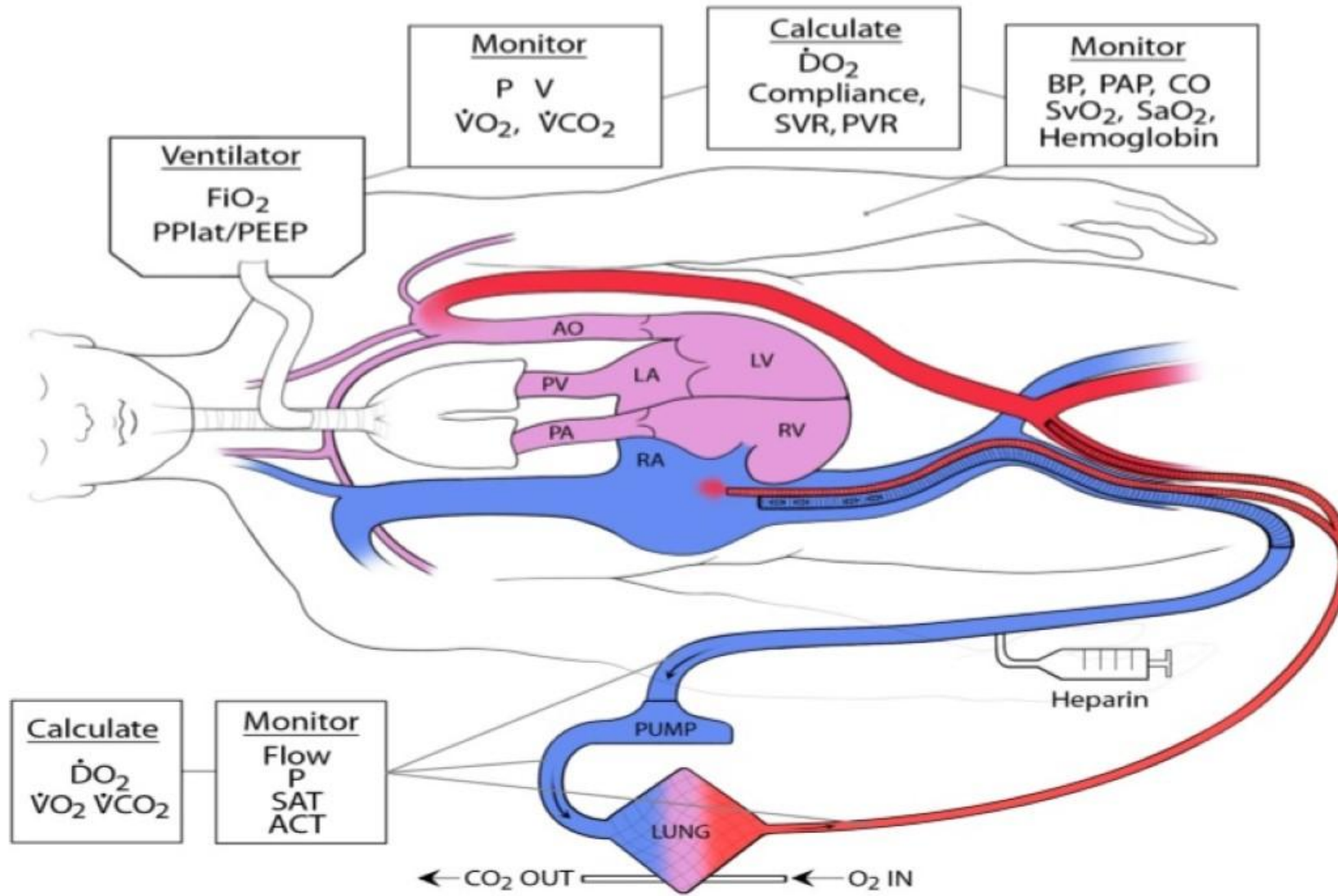
- $P_aCO_2 > 60-80$  мм рт. ст.
- $P_aO_2/FiO_2 < 80$  мм рт. ст.
- $pH_a < 7,30$
- $FiO_2 1,0$

## Выбор скорости потока при ВВ ЭКМО.

Для значимого улучшения артериальной оксигенации объёмная скорость экстракорпорального кровотока при ВВ ЭКМО у новорожденных и детей младшего возраста должна быть равной 120-150 мл/кг/ мин, у взрослых пациентов - более 50-70 мл/кг/мин. - для преимущественного устранения гиперкапнии достаточным является поддержание объёмной скорости экстракорпорального кровотока в 30 мл/кг/мин.

Для достижения значимого вклада в артериальную оксигенацию объёмная скорость экстракорпорального кровотока при ВВ ЭКМО должна быть не менее 25 % минутного.

- Показания к ЭКМО;
- *Противопоказания к ЭКМО;*
- *Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;*
- *Методики канюляции и деканюляции;*
- *Классификация и особенности разных групп ЭКМО:*
  - *Вено-артериальная ЭКМО:*
    - *Центральная;*
    - *Периферическая;*
    - *Самопоточная ;*
  - *Вено-венозная ЭКМО;*
  - *Вено-артерио-венозная ЭКМО;*
  - *Результаты;*



## Показания к ВАВ ЭКМО.

- Сочетанные выраженные нарушения насосной функции сердца и газообменной функции лёгких;
- Отсутствие эффективной оксигенации при проведении периферической ВА ЭКМО, что требует перенаправление части артериализованной крови через малый круг и левые отделы сердца к верхней части туловища – переход от ВА к ВАВ ЭКМО;
- Развитие плохо поддающегося коррекции нарушения насосной функции сердца, что требует перенаправление части “артериализованной” крови в большой круг кровообращения – переход от ВВ ЭКМО к ВАВ ЭКМО;



- Показания к ЭКМО;
- *Противопоказания к ЭКМО;*
- *Строение аппарата ЭКМО, его отличие от аппарата ИК, выбор канюль;*
- *Методики канюляции и деканюляции;*
- *Классификация и особенности разных групп ЭКМО:*
  - *Вено-артериальная ЭКМО:*
    - *Центральная;*
    - *Периферическая;*
    - *Самопоточная ;*
  - *Вено-венозная ЭКМО;*
  - *Вено-артерио-венозная ЭКМО;*
  - *Результаты;*

# Результаты

- Количество пациентов, доживших до выписки из стационара: 38%-44% (Extracorporeal Life Support Organization 2017, National Registry Cardiopulmonary Resuscitation 2016);
- Через 6 месяцев после отключения от ЭКМО у 52% (18 из 39) неврологические нарушения среднего или тяжелого функционального класса (Lequier, 2015);
- Осложнения (62% выживших) (Hamrick и соавт. 2017):
  - Нейромоторные нарушения (50%);
  - Когнитивные дисфункции (25%);
  - Нефропатия (17%);
  - Другие (8%);