



Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Клиническая больница»  
Управления делами президента российской федерации

# Первый опыт применения миниинвазивного искусственного кровообращения при операциях на открытом сердце

Цепенщиков В.А., Дворянчикова В.А.,  
Губайдуллин Р.Р., Гагаев А.В.,  
Пиданов О.Ю., Васягин Е.В.,  
Щербатюк К.В., Сухотин В.Н.

Москва, 2016 год



# Спектр операций на открытом сердце, выполняемых в ФГБУ «Клиническая больница»

- Аорто-коронарное шунтирование  
on pump / of pump
- Протезирование/пластика клапанов сердца
- Сочетание выше указанных с фрагментацией ЛП по схеме «Лабиринт»  
при фибрилляции предсердий
- Сочетанные операции реваскуляризации и клапанной коррекции
- Пластика постинфарктной аневризмы сердца
- Протезирование корня восходящей аорты (операция Бентала)
- Протезирование аортального/митрального клапана из мини-доступа
- Торакоскопическая фрагментация ЛП «Лабиринт»

# Искусственное кровообращение (ИК) - необходимое условия проведения большинства операций на открытом сердце

- Аорто-коронарное шунтирование

on pump

off pump

- Протезирование/пластика клапанов сердца
- Сочетание выше указанных с фрагментацией ЛП по схеме «Лабиринт» при фибрилляции предсердий
- Сочетанные операции реваскуляризации и клапанной коррекции
- Пластика постинфарктной аневризмы сердца
- Протезирование корня восходящей аорты (операция Бентала)
- Протезирование аортального/митрального клапана из мини-доступа
- Торакоскопическая фрагментация ЛП «Лабиринт»

# Операции на сердце остаются высокоинвазивными из-за необходимости проведения ИК

## *Негативные эффекты ИК*

- Гемодилюция
- Системный воспалительный ответ
- Нарушение коагуляции
- Постперфузионный гемолиз
- Макро- и микроэмболии
- Нарушение перфузии органов

# Негативные эффекты ИК

## + операционная травма:

- Определяют переносимость операции
- Являются факторами, определяющими тяжесть состояния пациентов в раннем послеоперационном периоде
- Могут препятствовать раннему восстановлению пациентов

## Следствие:

- Увеличение койко-дней в отделении реанимации
- Увеличение длительности госпитализации

✓ Рост числа возрастных пациентов и коморбидности

✓ Увеличение радикальности операций



✓ Благоприятный исход госпитализации с уменьшением количества осложнений и сроков госпитализации («fast track»)

**Достижение баланса осуществимо только при снижении инвазивности вмешательств**

«Миниинвазивная  
операция»



Улучшение  
косметического  
эффекта

**Миниинвазивность = комплексный подход,  
мультидисциплинарная философия**

- ✓ Минимизация операционной травмы
- ✓ Снижение негативных эффектов методики
- ✓ Сокращение осложнений и сроков госпитализации



МиниИК



Минимизированный,  
(«обрезанный»)  
контур ИК?

- ✓ МиниИК - часть мультисциплинарной философии миниинвазивного подхода

# Концепция миниинвазивного экстракорпорального кровообращения -

- стратегия, позволяющая минимизировать  
негативные эффекты ИК,  
улучшить органопroteкцию

- Пер
- 
- До
- 
- С 20
- 
- 
- 



**д.м.н.проф.Р.Р.Губайдуллин**  
 зав.отделением  
 анестезиологии-реанимации  
 ФГБУ "Клиническая больница УДП РФ"

**д.м.н.проф.И.Н.Пасечник**  
 зав.кафедрой  
 анестезиологии-реанимации ФГБУ ДПО  
 "Центральная государственная  
 медицинская академия" УДП РФ"

**В ФГБУ «КБ»**

- С 2015 года в кардиоанестезиологической службе В.А.Цепенщиков внедрил технологию МиниИК, бригада прошла обучение
- На базе ФГБУ «КБ» выполнено 6 операции с МиниИК

# Негативные эффекты ИК

- Гемодилюция
- Системный воспалительный ответ
- Нарушение коагуляции
- Постперфузионный гемолиз
- Макро- и микроэмболии
- Адсорбция белков сыворотки
- Нарушение перфузии органов

# Патофизиология ЭКК

## 1. Контактная система

- Системный воспалительный ответ
- Нарушение коагуляции

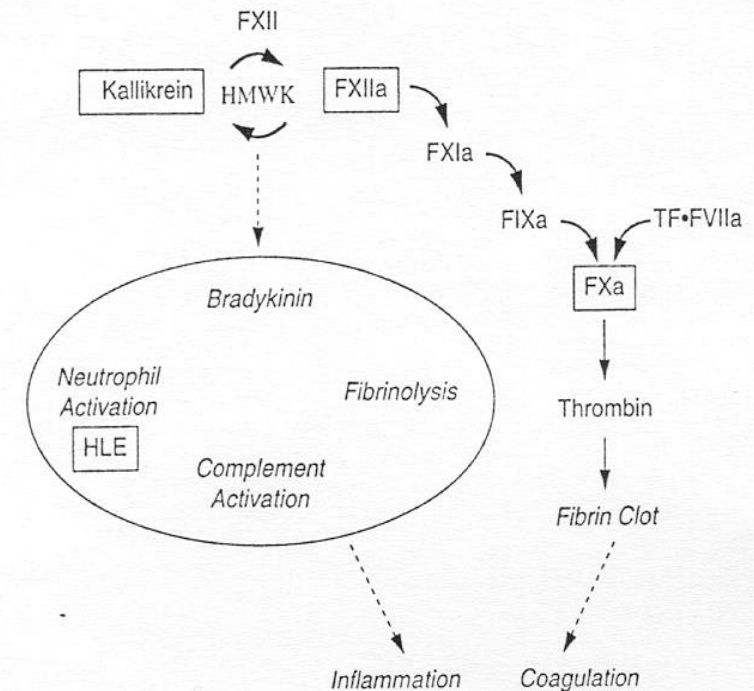



Fig 1. Factor XII (FXII) in the presence of prekallikrein and high-molecular-weight kininogen (HMWK) is cleaved into active fragments, FXIIa and FXIIb (fragments, not shown). FXIIa acting on FXI initiates the intrinsic coagulation cascade. Cleavage of HMWK produces bradykinin. Neutrophils are activated by kallikrein, complement, and other agonists; fibrinolysis is initiated by generation of thrombin, which stimulates production of tissue plasminogen activator by endothelial cells. Complement is not activated by contact system proteins. (HLE = human leukocyte elastase; TF = tissue factor.)


## 2. Система комплемента

- Активирована по классическому пути через фактор. Альтернативный путь активации через C3b;
- C5a напрямую активирует нейтрофилы, приводит к лизису клеток
- C3a отрицательно влияет на сократимость миокарда
- C3a, 4a, 5a увеличивают проницаемость капилляров, высвобождение гистамина: вазодилатация, бронхоспазм

- 
- **Основной про-воспалительный стимул, связанный с образованием свободных радикалов кислорода, ведущий патологический фактор**

### 3. Тромбоциты

- активированы тромбином, адреналином, тромбоцит-активирующим фактором (PAF)
- высвобождение медиаторов воспаления
  - серотонин, тромбоксан A<sub>2</sub>, гидролаза, протеиназа
- активация коагуляции
- дефицит в связи адсорбцией, агрегацией, дилуцией

- 
- Повышение проницаемости капилляров, вазомоторного тонуса, привлечение нейтрофилов
  - Увеличение риска кровотечения

## 4. Моноциты

- высвобождают IL-8, IL-6 и IL-1 во время и после ИК



- **Системный воспалительный ответ**

## 5. Эндотелиальные клетки

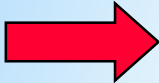
- высвобождают тканевой активатор плазминогена (t-PA), простагландин, эндотелин-1 (ET-1) и тромбоцит-активирующий фактор (PAF)
- активируют фибринолиз и тромбоциты



- **Вазоконстрикция**
- **Нарушения коагуляции**



## 5. Объем заполнения:

- 
- Гемодилюция, избыток свободной воды

## 6. Повышение проницаемости капилляров, снижение онкотического давления, выше ЦВД:

- 
- Перемещение жидкости в интерстиций

Ungerleider R. Effects of CPB and use of MUF. Ann Thorac Surg 1998;65:S35-9

Cleland J et al. Blood volume and body fluid compartment changes soon after closed and open intracardiac surgery. J Thorac Cardiovasc Surg 1966;52:698-705

Brans YW et al. Effects of open heart surgery on the body composition of infants and young children. Pediatr Res 1981;15:1024-8

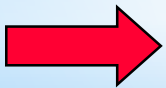
Maehara T et al. Perioperative changes in total body water in children undergoing open heart surgery. Eur J Cardiothorac Surg 1991;5:258-65

Smith EEJ et al. Microvascular permeability after CPB. J Thorac Cardiovasc Surg 1987;94:225-33

# Дисфункция органов

## 1. Головной мозг

- Отек после ИК
- Гипер-/ гипоперфузия:
  - нарушение саморегуляции, рН-stat, глубокая гипотермия и циркуляторный арест (DHCA)
- Микроэмболия



**Инсульт, когнитивный дефицит,  
психоневрологическая дисфункция**

Harris DNF et al. Brain swelling in the first hour after CAB Surgery. Lancet 1993;342:586-7

Taylor KM. Central nervous system effects of CPB. Ann Thorac Surg 1998;66:S20-4

Taylor KM. Cardiac Surgery and the brain. In Smith P, Taylor KM (eds). Cardiac Surgery and the Brain. London: Edward Arnold, 1993:pp1-14

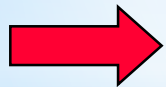
Blauth C et al. Retinal microembolism during CPB demonstrated by fluorescein angiography. Lancet 1986;65:S20-6

# Дисфункция органов

## 2. Сердце

- Комплемент С3а уменьшает сократимость
- ET-1 приводит к коронарной вазоконстрикции
- Миокард высвобождает факторы хемоаттракции нейтрофилов, активация нейтрофилов
- Гемодилюция приводит к снижению податливости

**Отек миокарда:**



**диастолическая и систолическая  
дисфункция желудочков**

8 Del Balza UH et al. Cardiac dysfunction caused by purified human C3a anaphylatoxin. Proc Nat Acad Sci USA 1985;82:886-90

9 Bando K. Dynamic changes of ET-1, NO, and cGMP in patients with congenital heart disease. Circulation 1997;96 (Suppl 9):346-51

10 Elgebaly SA et al. Cardiac derived neutrophil chemotactic factor: Detection in coronary sinus effluents of patients undergoing myocardial revascularisation. J Thorac Cardiovasc Surg 1992;103:952-9

11 Ko W et al. Myocardial reperfusion injury. J Thorac Cardiovasc Surg 1991;102:297-308


12 Mavroudis C et al. Hemodilution causes decreased compliance in puppies. Circulation 1978;58:155-9

13 Hsu et al. Quantitative effects of myocardial edema on the left ventricular pressure-volume relation. J Thorac Cardiovasc Surg 1993;106:651-7

# Дисфункция органов

## 3. Легкие

- Секвестрация активированных нейтрофилов:
  - Воспалительная реакция: лизосомальные ферменты, свободные радикалы кислорода, активация комплемента: легочный и бронхиальный отек
  - Нарушение микроциркуляции (микроагрегаты)
- Нарушение сурфактанта: ателектазы
- Несоответствие вентиляции и перфузии

- 
- Легочная гипертензия, нарушение газообмена и податливости легких, риск инфекции

18 Westby S. Complement and the damaging effects of CPB. Thorax 1983;38:321-5

19 Braude S et al. Increased pulmonary transvascular protein flux after canine CPB: Association with lung neutrophil sequestration and tissue peroxydation. Am Rev Respir Dis 1986;134:867-72

20 McGowan FX et al. CPB significantly impairs surfactant activity in children. J Thorac Cardiovasc Surg 1993;106:968-77

21 Sladen RN et al. CPB and the lung, in Gravlee GP et al (eds): Cardiopulmonary bypass. Baltimore, Williams & Wilkins 1993, pp468-87

22 Friedman M et al. Parameters of pulmonary injury after total or partial CPB. Circulation 1994;90(part 2):262-8

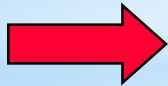
23 Serraf A et al. Alteration of the neonatal pulmonary physiology after total CPB in congenital heart defects. Ann Thorac Surg 1997;63:648-2

24 Boldt et al. Lung management during CPB: influence on extravascular lung water. C Cardiothorac Anesth 1990;4:1-73

# Дисфункция органов

## 4. Почки:

- Гемодилюция (увеличение почечного кровотока и СКФ)
- Гипотермия уменьшает СКФ
- Длительность ИК
- Гормоны в системном кровотоке (АТ-II, альдостерон, предсердный натрийуретический фактор ANF)
- Кровяное и пульсовое давление
- Диуретики, токсические препараты
- Гемолиз (преципитаты в почечных канальцах)
- Микроэмболы (повреждение клубочков)



- **Послеоперационное острое повреждение почек**

Utley JR et al. Effects of hypothermia, hemodilution and pump oxygenation on organ water content, blood flow and oxygen delivery and renal function. *Ann Thorac Surg* 1981;31:121-33

Utley JR: Renal function and fluid balance with CPB, in Gravlee GP et al. (eds.): *Cardiopulmonary bypass*. Baltimore, Williams & Wilkins 1993, pp488-508

Downing SW et al. Release of vasoactive substances during CPB. *Ann Thorac Surg* 1992;54:1236-43

# Негативные эффекты кардиотомной аспирации

- Количество аспирированной крови 480-1320 мл на процедуру [E.Gyugax, Берн, Швейцария]
- Повышенное количество свободного гемоглобина
- Активированные тромбоциты (BTG-TBX)
- Частицы тканей, активаторы плазминогена, сывороточный D-димер
- Активированный комплекс Тромбин-Антитромбин III (ТАТ)
- Взаимодействие венозной и артериальной крови, крови пациента и аспирированной крови

# Негативные эффекты ИК

- Гемодилюция
- Системный воспалительный ответ
- Нарушение коагуляции
- Постперфузионный гемолиз
- Макро- и микроэмболии
- Адсорбция белков сыворотки
- Нарушение перфузии органов

**Но**

**В современных условиях многие негативные эффекты ИК являются если не устранимыми, то по крайней мере управляемыми**

# На какие триггеры возможно воздействовать?

- Гемодилюция
- Контакт крови с воздухом
- Контакт с инородными частицами
- Повреждение клеток крови
- Интенсивность воспалительного ответа
- Уменьшение площади контура ИК
- Отсутствие твердого венозного резервуара
- Венозная воздушная ловушка
- Модифицированный оксигенатор
- Возврат обработанной (отмытой) крови (аппарат Cell saver)
- Центрифужный насос
- Биологически-совместимое покрытие контура



?

Какой из факторов окажется полезным?

- В концепции миниИК реализовано комплексное воздействие на негативные эффекты ИК



Классическое экстракорпоральное  
кровообращение



МиниИК  
(минимизированный  
экстракорпоральный контур)

# Преимущества МиниЭКК

- Меньшая гемодилюция
- Повышение гематокрита в течение операции
- Снижение расстройств коагуляции -меньшая доза гепарина при системной гепаринизации
- Уменьшение потребности в переливании компонентов крови
- Уменьшение повреждения клеток крови
- Улучшение перфузии органов (головной мозг, почки, легкие)
- Снижение воспалительного ответа
- ✓ Способствует осуществлению протоколов ранней реабилитации («fast-track»)



**Операционная с миниИК: взгляд изнутри**

# Мультидисциплинарный подход

- Четкое представление концепции всей бригадой
- Постоянное мониторингирование ситуации
- Отработанные действия мультидисциплинарной бригады
- Совместная коррекция действий «без запинки»
- Если выпадает хотя бы одно звено, клинический результат не будет достигнут

✓ Командная работа -cardioTEAM



# Анестетики и МЕСС



# Респираторная поддержка при МиниИК

- Закрытый контур = пациент остается с преднагрузкой
- На частичном МЕСС с бьющимся сердцем
  - Остаточная легочная перфузия, выброс ЛЖ
  - Наблюдать за  $etCO_2$ ,  $et[iso]$  и  $SpO_2$
  - Продолжать низкий приходящий дренаж,  $F_1O_2$  0,5
  - Артериальный шунт (из лучевой артерии)
- Опасность ателектаза или апноэ
  - Быстрое начало внутрилегочного шунтирования
  - Гипоксемия ЦНС (фракция от ЛЖ к сосудам шеи)!
- Остановка дренажа с зажимом на аорте

# Уход от дыхательной поддержки при миниИК

- Снятие зажима с аорты – пациент все еще остается с преднагрузкой
- Ритм реперфузии – частичная миниИК
  - Ранняя PBF, выброс ЛЖ
  - Смотреть за пульсацией, etCO<sub>2</sub>, SpO<sub>2</sub>, BIS
- Убрать гемоторакс, включить легкое
- Повторно начать ранюю вентиляцию с низким потоком на выдохе (low-tidal vent)
  - шунт: ЦНС и гипоксемия миокарда
- Наивысший риск: канюляция бедренной артерии с плохими легкими (ЭКМО: «синдром арлекина»)



# Опыт применения МЭКК в ФГБУ «Клиническая больница»

## Цель работы:

- Оценить воспроизводимость, эффективность и безопасность минииК при АКШ
- Оценить возможность использования минииК у пациентов высокого риска

# Методы:

- Выполнено 6 операции АКШ в условиях миниИК
- Перемежающаяся антеградная тепловая кардиopleгия по методике A.Calafiore
- Использовались MECC System (Jostra AG, Germany), или модифицированный классический контур
- Пациенты с высоким риском осложнений (EuroScore > 4):
  - тяжелое многососудистое поражение коронарного русла
  - перенесенный инфаркт миокарда
  - ранняя постинфарктная стенокардия
  - сниженная фракция выброса
  - коморбидность (хроническая анемия, ХБП и т.д.)
- Проведен ретроспективный анализ клинических случаев

# Результаты:

- Своевременная экстубация, перевод в профильное отделение, активизация
- Снижение потребности в переливании свежезамороженной плазмы
- Отсутствие потребности в переливании эритроцитарной массы
- Незначительно выраженные признаки системного воспалительного ответа
- Отсутствие гемолиза даже при длительном ЭКК
- Ухудшения скорости клубочковой фильтрации по сравнению с исходной не наблюдалось
- Отсутствие летальных исходов и фатальных периоперационных осложнений - (ОИМ, ОНМК, гемодинамически значимые нарушения ритма)

# В результате проведенной работы:

- Получен первый опыт МиниИК в ФГБУ «Клиническая больница» УДП РФ
- Отработана схема взаимодействия операционной бригады — хирургов, анестезиолога и перфузиолога

# Выводы:

- Методика миниИК является воспроизводимой
- МиниИК сохраняет предназначение искусственного кровотока - создает благоприятные условия для выполнения операции на сердце
- Методика служит лучшей, миниинвазивной и безопасной альтернативой классическому ИК
- Применение миниИК оправдано у пациентов с высоким риском развития осложнений
- Концепция миниИК требует мультидисциплинарного подхода, вовлекая всех участников операционного процесса
- Следует воплощать миниИК как стратегию, а не просто как модификацию контура

# MECC при EuroScore $\geq 6$

- **299 пациентов (32,7%) поступили с EuroSCORE  $\geq 6$** 
  - Средний возраст 71,2 $\pm$ 8,5 год
  - АСС 43,4 $\pm$ 14,7 мин
  - Дистальные анастомозы 3,6 $\pm$ 1,0



- **Смертность: 3 пациента (1%)**
  - По данным литературы:
    - 7,5% при АКШ-off-pump (OPCAB) и 5,4% при стандартном СЛШ (Lahtinen J, et al. 02/2007)
    - 2,4% при АКШ-off-pump (OPCAB) (Youn YN, 06/2007) – 3,1 дистальных анастомоза
- **Инсульт: 3 пациента (1%)**
- **Потребность в гемотрансфузии: 51 пациент (17,1%)**

# Обоснование МЕСС, в сравнении с АКШ-off-pump (ОРСАВ)

## Стандартное СЛШ

- +** - максимальная безопасность для хирурга
- оптимальные условия для выполнения анастомоза
- „Золотой стандарт“
- - Воспалительная реакция
- Гемодилюция
- Сложная система
- Нет легочной перфузии

## АКШ-off-pump

- - нет подстраховки для хирурга
- недостаточно оптимальные условия для выполнения анастомоза
- Более низкая степень
- Кривая обучения
- +** - Минимальное воспаление
- Низкая гемодилюция



# Препятствия на пути:

- Стоимость оригинального комплекта MECC system выше, чем стандартного комплекта ИК
- Трудности управления деаэрацией
- Необходимость четко отслеживать соотношение внутрисосудистого и экстракорпорального объема пациента
- Необходимость адаптации **всей** бригады, т.к. меняются стереотипы действия в различных ситуациях



# Дальнейшие перспективы:

- Продолжить использование закрытых систем миниИК, в том числе у пациентов с высоким риском осложнений
- Планируется расширение спектра вмешательств, при которых применяется миниИК
- При достаточной выборке планируется сравнение с контрольной группой, анализ статистически достоверных результатов
- Взаимодействие с международным обществом MiECTiS, участие во 2-м съезде

**Спасибо за  
внимание!**