Определение ЭКМО

Экстракорпоральная мембранная оксигенация – extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) (номенклатура ELSO 2009 г)

использование механических устройств, временно поддерживающих функции сердца и // или легких при сердечно-легочной недостаточности, **которое ведет к восстановлению функции органа или его замещению.**

«временно» - от нескольких часов до нескольких месяцев,

«поддерживающих» – полностью или частично.

Экстракорпоральная поддержка жизнедеятельности (жизнеобеспечение)- extracorporeal life support (ECLS) (номенклатура ELSO 2017 г)

инвазивный экстракорпоральный метод насыщения крови кислородом (оксигенации) и удаления углекислого газа при развитии тяжелой острой дыхательной недостаточности, либо метод гемодинамической поддержки при острой сердечной недостаточности.

ЭКМО - аппаратный метод временного замещения (поддержания) функции кровообращения и//или газообмена непосредственным воздействием на кровь и гемоциркуляцию, используемый у пациентов, находящихся в критическом состоянии, с остро возникшей декомпенсированной сердечной и/или дыхательной недостаточностью, рефрактерных к традиционным методам интенсивной терапии.

Рос ЭКМО

The Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) – Организация экстракорпорального жизнеобеспечения

- это некоммерческая международная организация, созданная в 1989 г. для поддержки медицинских работников и ученых, занимающихся экстракорпоральной мембранной оксигенацией.

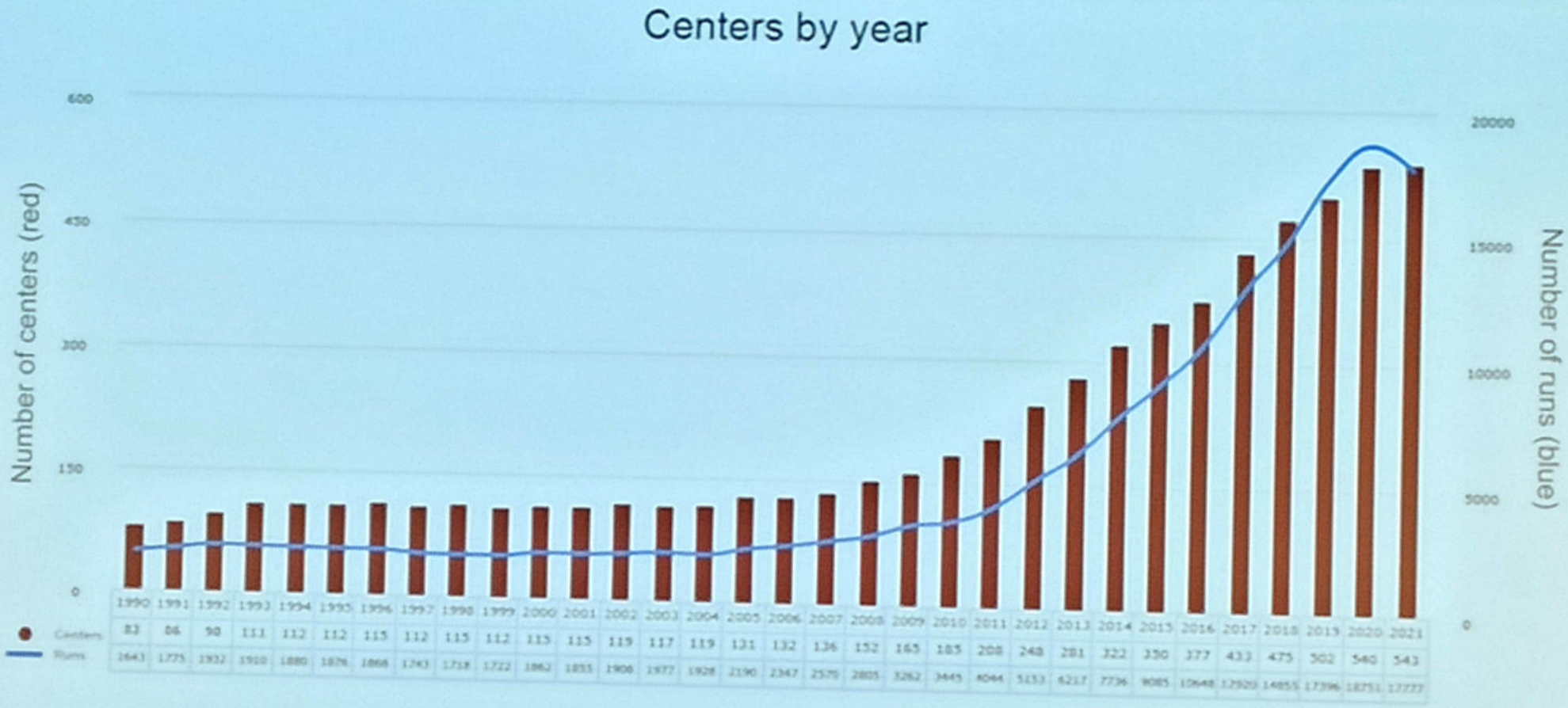
Цель - развитие и оценка новых методов поддержки органов и систем с явлениями недостаточности. Основополагающим является широкое междисциплинарное сотрудничество.

Первичная задача организации создавать и обеспечивать регистр использования ЭКМО в специализированных центрах.

«...Registry data is to be used to support clinical research, support regulatory agencies, and support individual ELSO centers. ELSO provides educational programs for active centers as well as for the broader medical and lay communities.»

Extracorporeal Life Support Organization

Данные регистра ELSO



	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Centers	83	86	90	111	112	112	115	112	115	112	115	115	119	117	119	121	132	136	152	165	185	208	240	281	322	330	377	433	475	502	540	543
Runs	2643	1775	1932	1910	1880	1876	1868	1743	1718	1722	1862	1855	1906	1977	1928	2190	2347	2579	2805	3262	3445	4044	5153	6217	7736	9085	10648	12920	14855	17396	18751	17777

•September 2022 Journal of Cardiac Critical Care TSS 06(02):100-102

ЭКМО – сложный и трудоемкий метод механической поддержки кровообращения (МПК)

ECMO FUNDAMENTALS by Nick Mark MD & Jonah Rubin MD

ONE

onepagerics.com
@nickmmark
@JonahRubinMD

Link to the most current version →

ABG: pH / PCO2 / PaO2 / HCO3

Pulse Ox: SpO2

PURPOSE & DEFINITIONS:

- ExtraCorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) provides prolonged pulmonary and/or circulatory support by removing venous blood, pumping it across an artificial lung (oxygenator or membrane lung) for gas exchange, & returning it to the pt.
- VV ECMO: artificially oxygenated Venous blood is returned to the Venous side (right atrium), providing no circulatory support, & adding the artificial lung in series with the native lung.
- VA ECMO: artificially oxygenated Venous blood is returned to the Arterial side (aorta), providing circulatory support, and adding a artificial lung in parallel with the native lung.

INDICATIONS:

- VV: Refractory hypoxemia/mixed respiratory failure used as a bridge to recovery or transplant
- ECCO$_2$R: Refractory hypercapnia similar to VV but with lower flow/smaller sized cannula
- VA: Pulmonary & Circulatory support (VA) – cardiac arrest, overdose, massive PE, cardiogenic shock, etc. Used as a bridge to recovery, transplant, or destination device.

SETTINGS/MANAGEMENT:

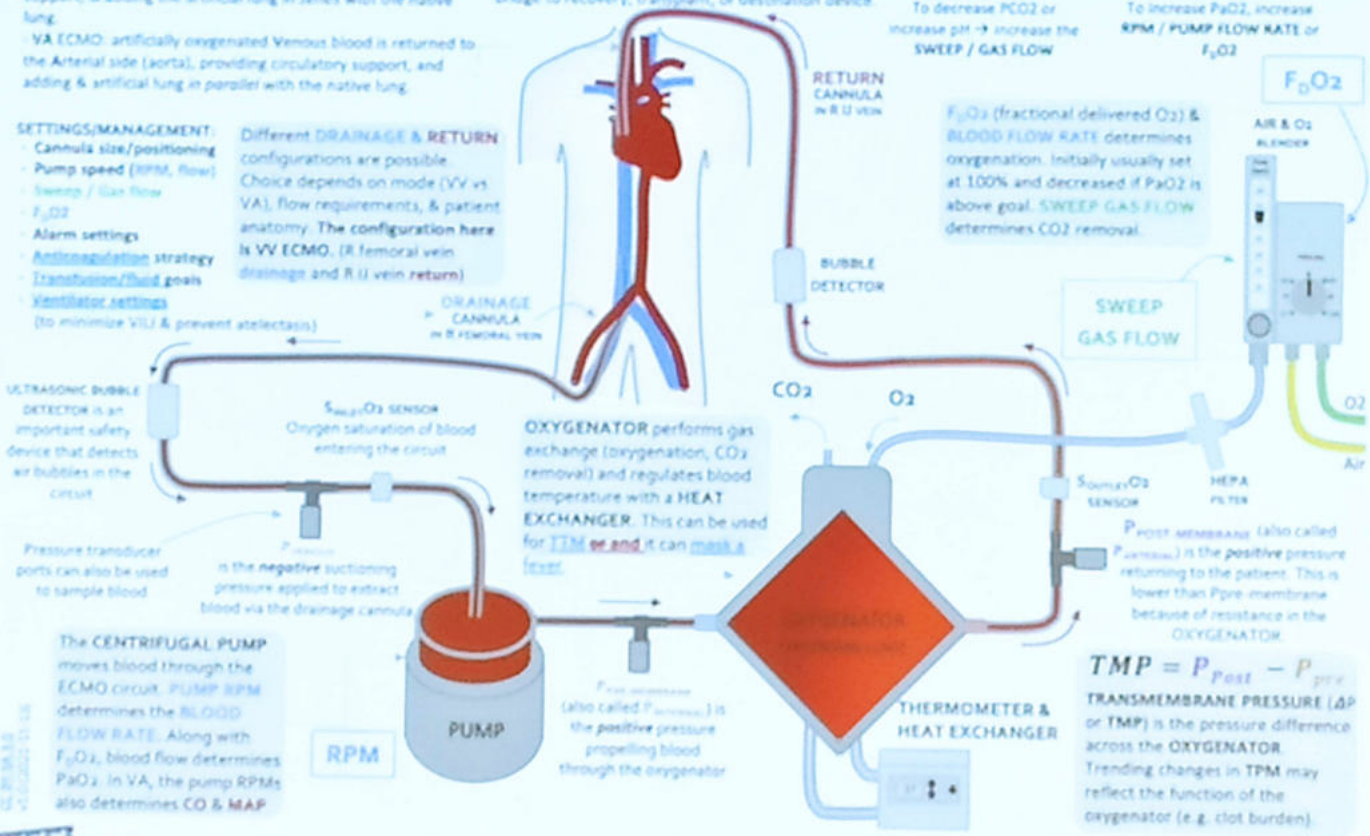
- Cannula size/positioning
- Pump speed (RPM, flow)
- Sweep / Gas flow
- F_IO2
- Alarm settings
- Anticoagulation strategy
- Transfusion/fluid goals
- Ventilator settings (to minimize VILI & prevent atelectasis)

Different DRAINAGE & RETURN configurations are possible. Choice depends on mode (VV vs VA), flow requirements, & patient anatomy. The configuration here is VV ECMO. (R femoral vein drainage and R IJ vein return)

VENTILATION
To decrease PCO2 or increase pH → increase the SWEEP / GAS FLOW

OXYGENATION
To increase PaO2, increase RPM / PUMP FLOW RATE or F_IO2

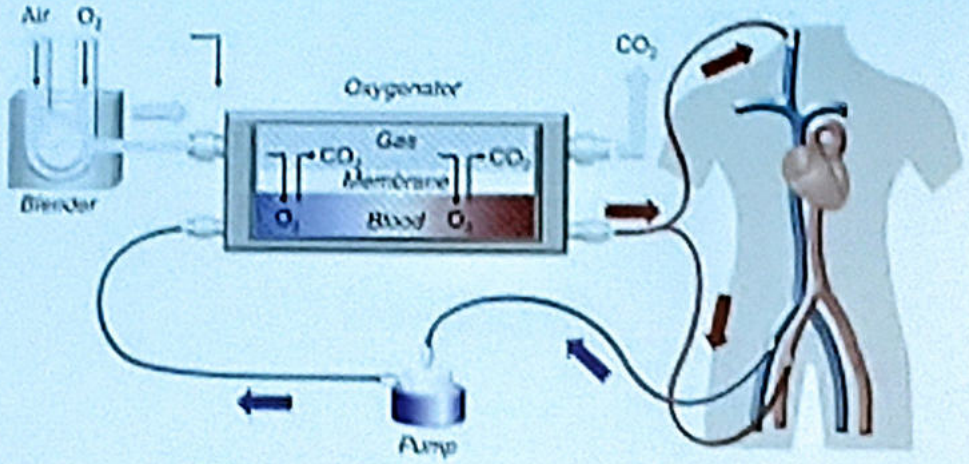
F_IO_2 (fractional delivered O2) & BLOOD FLOW RATE determines oxygenation. Initially usually set at 100% and decreased if PaO2 is above goal. SWEEP GAS FLOW determines CO2 removal.



Физиологическая цель ЭКМО

Основной целью ЭКМО является адекватная перфузия и оксигенация органов и тканей с предоставлением времени для отдыха и лечения пораженных сердца и/или легких:

- улучшение доставки O2 в органы и ткани,
- удаление CO2,
- обеспечение аэробного метаболизма организма
- управление температурным гомеостазом пациента за счет согревания или охлаждения циркулирующей в оксигенаторе крови



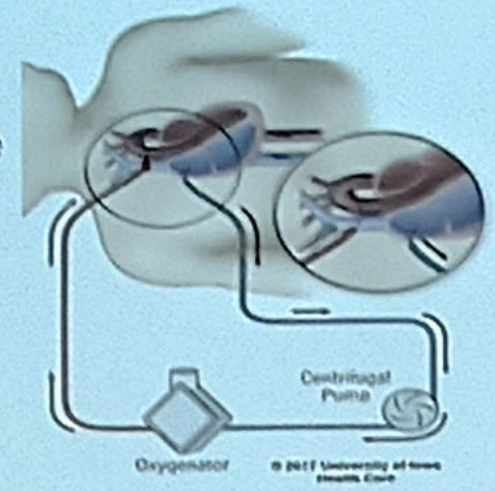
ЭКМО это не лечение патологии,
а «мост» к восстановлению поврежденного сердца или легких;
при невозможности восстановления — к его замене трансплантатом или устройством длительной поддержки.

Основные виды ЭКМО

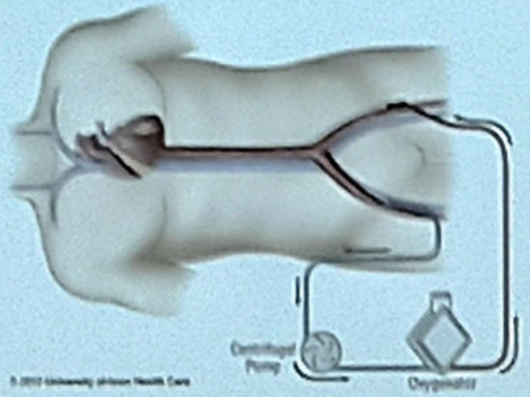
ВА ЭКМО
V-A ECMO

Вено-артериальное (кардиальное)

✓ центральное



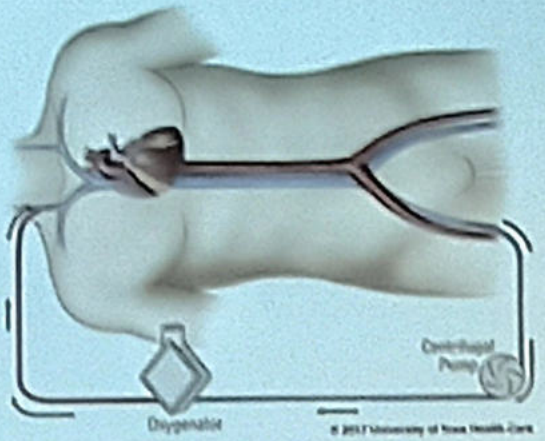
✓ периферическое



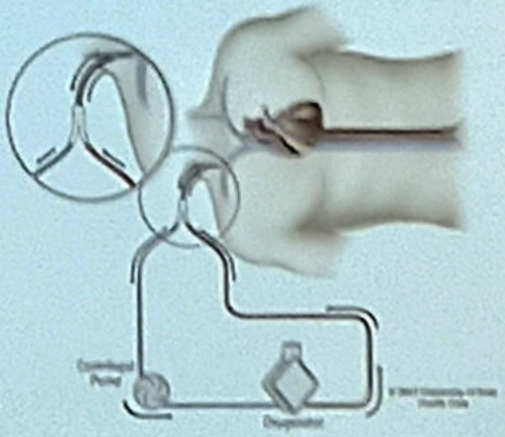
ВВ ЭКМО
V-V ECMO

Вено-венозное (респираторное)

✓ канюляция 2-х вен



✓ канюляция 1 –й вены двухпросветной канюлей



Задачи ВА ЭКМО :

1. Циркуляторная поддержка для сохранения жизнеспособности организма и предотвращения полиорганной недостаточности.

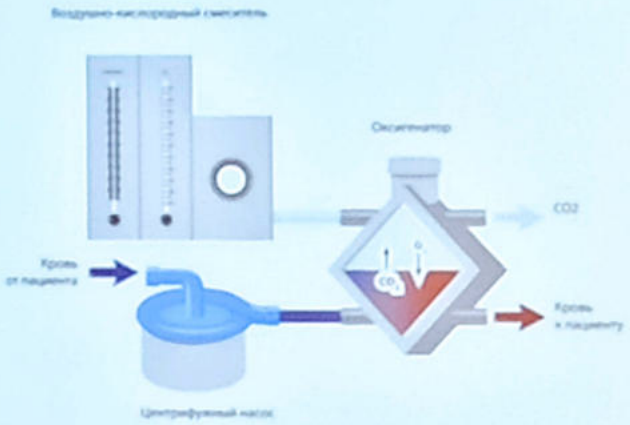
2. Право- и левожелудочковая поддержка при недостаточности кровообращения. Улучшение коронарного кровотока.

3. Респираторная поддержка при сердечно-легочной недостаточности

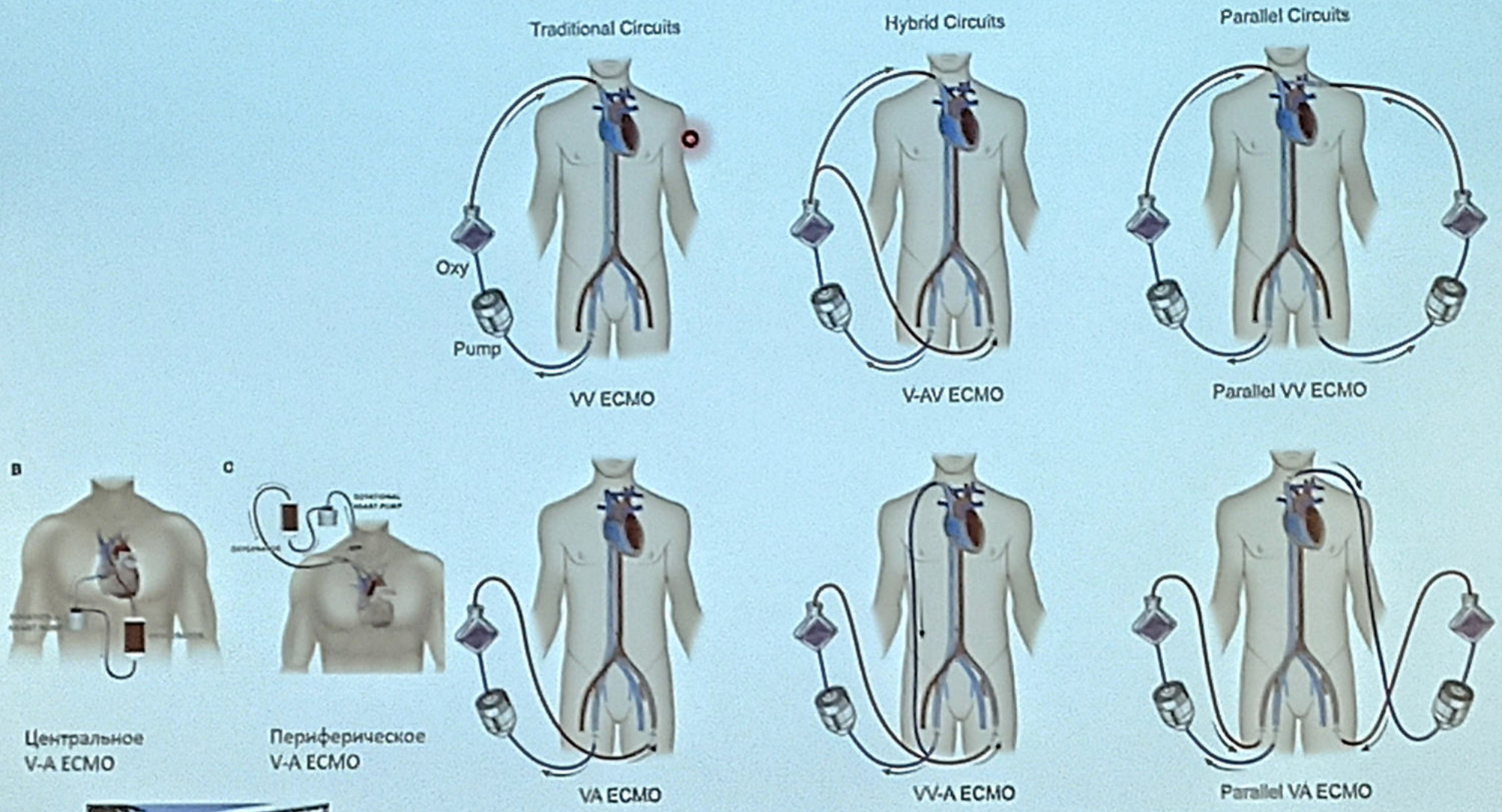
Задачи ВВ ЭКМО:

Респираторная поддержка:

1. Устранение гипоксии
2. Устранение гиперкапнии



Конфигурации ЭКМО (стандартные, гибридные, параллельные)



Отличия ВА ЭКМО и ВВ ЭКМО (по гемодинамике)

Параметры	ВАЭКМО	ВВЭКМО
Системная перфузия организма обеспечивается	Поток, создаваемый ЭКМО+ СВ	Только сердечный выброс
Легочный кровоток	Шунтируется и обедняется	Поддерживается и улучшается
Кровоток	Непульсирующий или частично пульсирующий (за счет СВ)	Пульсирующий
ДЛА	Уменьшается пропорционально ЭКМО потоку, если нет перегрузки ЛЖ	Не зависит от потока ЭКМО
Коронарная оксигенация	Возможно ухудшение из-за перфузии гипооксигенированной кровью из левого желудочка	Улучшается
Мозговая оксигенация	Возможно ухудшение из-за перфузии гипооксигенированной кровью из левого желудочка	Улучшается

Отличия ВА ЭКМО и ВВ ЭКМО (по газообмену)

Параметры	ВАЭКМО	ВВЭКМО
Доставка кислорода к органам и тканям	Лучше	Менее эффективно, чем при ВА ЭКМО
Расчетная скорость кровотока для адекватного газообмена	80-100 мл\кг\мин	100-120мл\кг\мин
Артериальная оксигенация Артериальное pO2	Сатурация зависит от скорости потока, увеличивается до 100% Достигаются высокие уровни	Сатурация 80-95% достигается при максимальном потоке Средние уровни
Удаление CO2	Зависит от площади мембран оксигенатора и потока газа	Как и при ВА ЭКМО
Изменение параметров ИВЛ	Быстро	Медленно

Результаты ЭКМО
(по данным регистра ELSO 2018)

International Summary - July, 2018

ECLS Registry Report

International Summary

July, 2018

Extracorporeal Life Support Organization
2800 Plymouth Road
Building 300, Room 303
Ann Arbor, MI 48109

Overall Outcomes

	Total Runs	Survived ECLS		Survived to DC or Transfer	
Neonatal					
Pulmonary	30,934	25,990	84%	22,662	73%
Cardiac	7,794	5,063	64%	3,281	42%
ECPR	1,718	1,140	66%	708	41%
Pediatric					
Pulmonary	8,820	5,953	67%	5,131	58%
Cardiac	10,462	7,177	68%	5,447	52%
ECPR	3,946	2,262	57%	1,675	42%
Adult					
Pulmonary	16,337	10,857	66%	9,649	59%
Cardiac	15,942	8,865	55%	6,747	42%
ECPR	4,952	1,896	38%	1,443	29%
Total	100,905	69,203	68%	56,743	56%

Результаты ЭКМО
(по данным регистра ELSO 2022)

Overall Outcomes					
	Total runs	Survived ECLS		Survived to DC or Transfer	
Adult					
Pulmonary	42,702	28,419	66%	25,047	58%
Cardiac	38,610	23,086	59%	17,472	45%
ECPR	11,761	4,934	41%	3,560	30%
Pediatric					
Pulmonary	11,850	8,621	72%	7,235	61%
Cardiac	15,083	10,949	72%	8,202	54%
ECPR	6,131	3,614	58%	2,596	42%
Neonatal					
Pulmonary	34,151	29,899	87%	24,949	73%
Cardiac	10,127	7,000	69%	4,487	44%
ECPR	2,420	1,685	69%	1,031	42%
Total	172,835	118,207	68%	94,579	54%

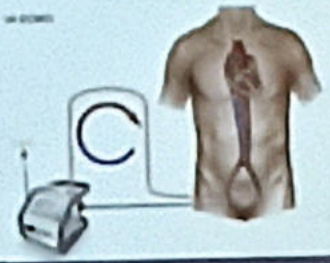
•September 2022 Journal of Cardiac Critical Care TSS 06(02):100-102

ЭКМО при сердечно-сосудистой недостаточности
Показания к ВА ЭКМО

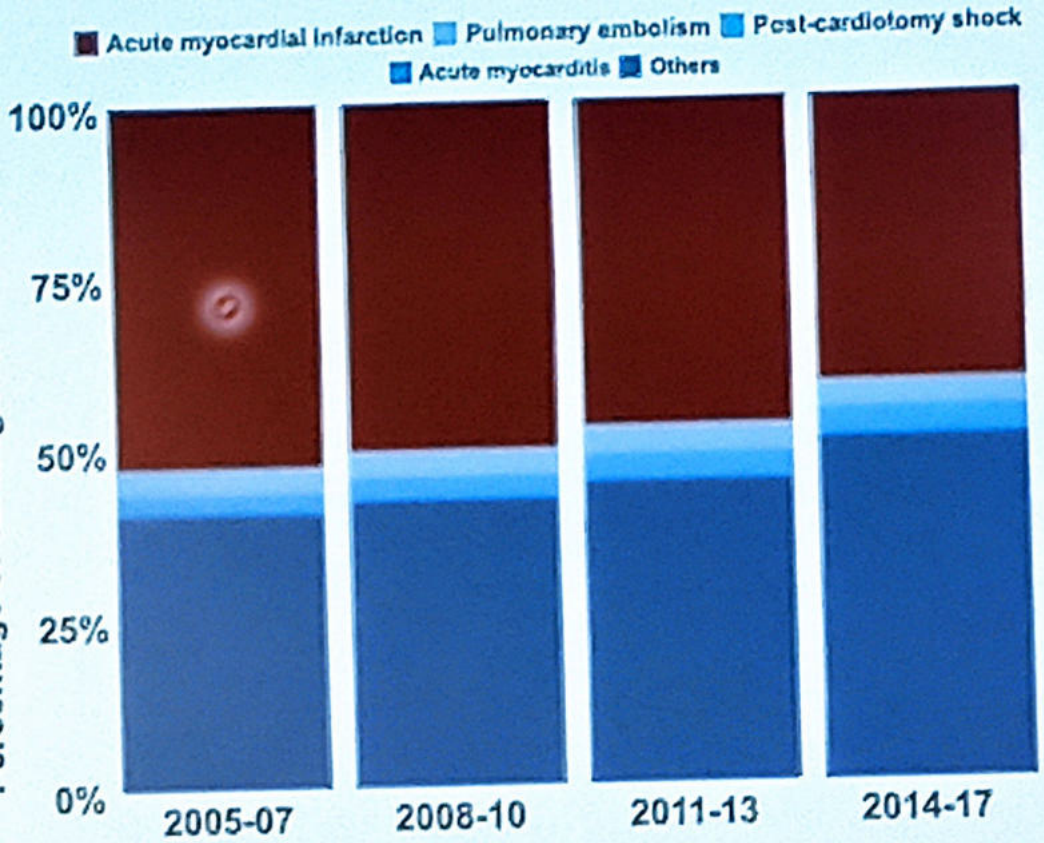
Рефрактерный кардиогенный шок на фоне следующих состояний:

- ОКС : острый инфаркт миокарда и его осложнения: разрыв папиллярных мышц, аритмии, неэффективность медикаментозной терапии и ВАБК.
- Острая сердечная недостаточность (отек легких).
- Посткардиотомный синдром малого сердечного выброса в результате правожелудочковой, левожелудочковой или бивентрикулярной недостаточности после операции на сердце, невозможность отключения ИК.
- Фульминантные миокардиты. Первичные кардиомиопатии (стрессовая - Такоцубо, перипартальная, диссекция коронарной артерии при беременности).
- Декомпенсация ХСН.
- PGD - первичная недостаточность сердечного или легочного трансплантата.
- Рефрактерные желудочковые аритмии (ЖТ/ФЖ).
- Передозировка лекарственных препаратов (веществ), вызывающих кардиальную депрессию.
- РДС-синдром с гемодинамической нестабильностью, пневмония на фоне сердечной недостаточности.
- Массивная эмболия легочной артерии.
- Инфекции с кардиальной депрессией. Септическая кардиомиопатия с перспективой излечения.
- Серьезное переохлаждение (до 28 С) с гемодинамической нестабильностью.

Сердечно-легочная реанимация – CPR.



Потенциальные причины кардиогенного шока



art Failure, Volume: 8, Issue: 2, Pages: 1295-1303, First published: 19 February 2021, DOI: (10.1002/ehf2.13202)

Etiologies of cardiogenic shock

Temporal trends in incidence, causes, use of mechanical circulatory support and mortality in cardiogenic shock

Benedikt Schrage, Peter Moritz Becher, Alina Goßling, Gianluigi Savarese, Salim Dabbours, Isabell Yan, Benedikt Beer, Gerold Söffker, Moritz Seiffert, Stefan Kluge, Paulus Kirchhof ... See all authors

В последние десятилетия новые методы лечения привели к улучшению результатов лечения пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Например, **ранняя реваскуляризация и адекватная медикаментозная терапия значительно снизили уровень смертности от острого инфаркта миокарда. Однако это привело к увеличению числа хронических сердечно-сосудистых заболеваний, например, сердечной недостаточности.**

Частота острого инфаркта миокарда снизилась за последние десятилетия, тогда как распространенность сердечной недостаточности, вызванной ишемической кардиомиопатией, увеличилась.

Быстро растущая группа случаев неишемического кардиогенного шока будет включать пациентов с тяжелой сердечной недостаточностью из-за отдаленного инфаркта миокарда, из-за кардиомиопатий и из-за других причин, таких как гипертония.

В настоящем исследовании наблюдается **рост заболеваемости кардиогенным шоком за последние годы,** но и отмечено, что **у более чем 50% пациентов шок развился вне связи с острым инфарктом миокарда** (а также вне связи с тяжелой тромбоэмболией легочной артерии, острым миокардитом или после кардиохирургической операции). Вероятно, что эти изменения вызваны сдвигом в сторону большего количества случаев неишемического кардиогенного шока.

van Diepen et al. Contemporary Management of Cardiogenic Shock: A Scientific Statement From the American Heart Association © 2017 American Heart Association, Inc.

Причины кардиогенного шока

Категория	Конкретные причины
Миокардиальные	I. Острый инфаркт миокарда (ИМ) a. Потеря >40% массы левого желудочка (ЛЖ) b. Потери <40% массы ЛЖ, но с аритмией или вазодилатацией c. Инфаркт правого желудочка (ПЖ) d. Механическое осложнение i. Разрыв сосочковой мышцы ii. Разрыв межжелудочковой перегородки iii. Разрыв свободной стенки ЛЖ
	II. Острая декомпенсированная сердечная недостаточность (СН) a. Хроническая СН (с установленной этиологией) с декомпенсацией b. Острая СН при первом проявлении i. Хроническая ишемия ii. Дилатационная кардиомиопатия iii. Миокардит iv. Стресс-индуцированная кардиомиопатия (Такоцубо) v. Сердечная патология, ассоциированная с беременностью - Перипартальная кардиомиопатия - Расслоение коронарной артерии vi. Эндокринные нарушения (гипо-/гипертиреоз, феохромоцитома)
	III. Шок после кардиохирургических операций a. Продолжительное искусственное кровообращение b. Неадекватная кардиопротекция
	IV. Динамическая обструкция выходного тракта ЛЖ
	V. Оглушение миокарда после остановки сердца
	VI. Угнетение миокарда на фоне септического шока или ССВО*
	VII. Контузия миокарда

Клапанные	I. Поражение собственного клапана a. Стеноз b. Острая регургитация c. Обструкция клапана (например, миксома) II. Поражение протезированного клапана a. Обструкция клапана (тромб, паннус) b. Несостоятельность или ограничение движения створок c. Механическая поломка d. Протезная дефисценция (паравальвулярная регургитация)
Электрические	I. Предсердные аритмии с быстрым ответом желудочков II. Желудочковая тахикардия III. Брадиаритмия
Внесердечные / Обструктивные	I. Тампонада сердца II. Констриктивный перикардит III. Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА)
Другие	I. Токсидромы (отравления кардиотоксичными веществами) II. Угнетение миокарда при гипотермии

Летальность пациентов с кардиогенным шоком

Karthik Muruglah et al. JACC 2025; 85:2103-2106.

В США кардиогенный шок (КШ) осложняет от 5% до 10% острых инфарктов миокарда с краткосрочной смертностью от 40% до 50%

ESC Heart Failure, Volume: 8, Issue: 2, Pages: 1295-1303,
First published: 19 February 2021, DOI: (10.1002/ehf2.13202)

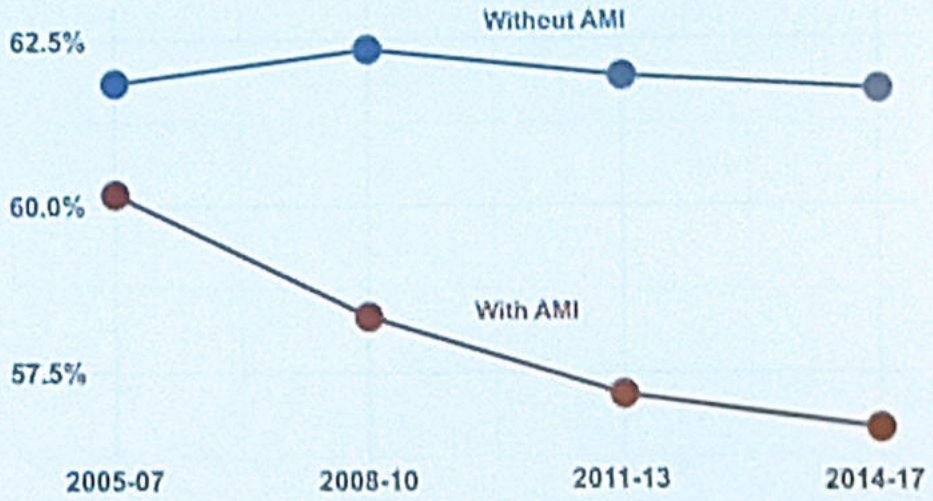
Temporal trends in incidence, causes, use of mechanical circulatory support and mortality in cardiogenic shock

Benedikt Schrage, Peter Moritz Becher, Alina Goßling, Gianluigi Savarese, Salim Dabboura, Isabell Yan, Benedikt Beer, Gerold Söffker, Moritz Seiffert, Stefan Kluge, Paulus Kirchhof ... See all authors

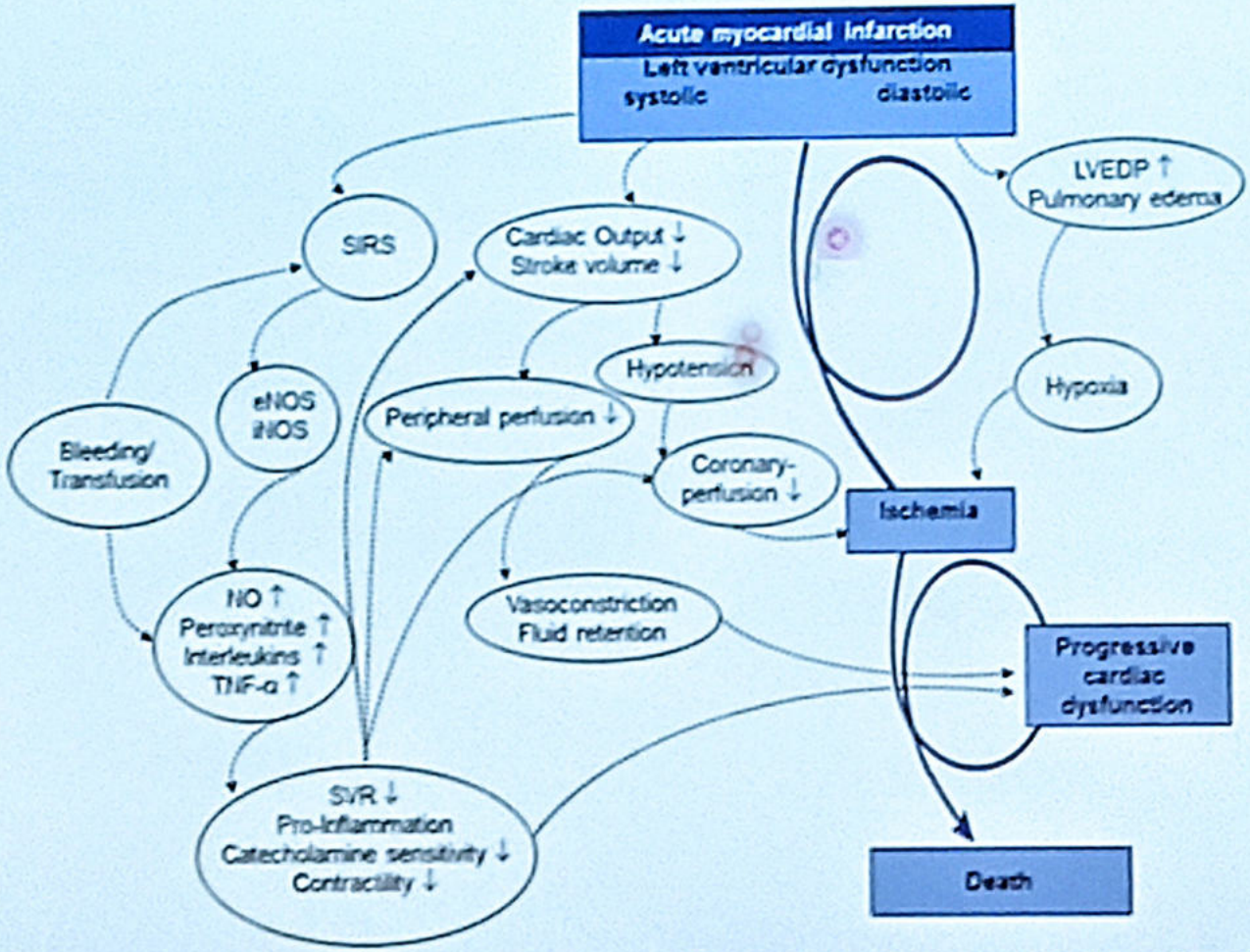
В Германии в указанном исследовании в течение среднего периода наблюдения, составлявшего 13 (±18) дней, умерли 60% всех пациентов с КШ (264 869).

Годовая внутрибольничная смертность оставалась относительно постоянной с течением времени (61% в 2005 г. и 59% в 2017 г. в общей когорте пациентов.

Наблюдалась тенденция к снижению смертности с течением времени у пациентов с острым инфарктом миокарда **(56,5%)**, чего не наблюдалось у пациентов без острого инфаркта миокарда .



Патофизиологическая концепция расширенной спирали кардиогенного шока



eNOS indicates endothelial nitric oxide synthase;
iNOS, inducible nitric oxide synthase;
LVEDP, left ventricular end-diastolic pressure;
NO, nitric oxide;
SIRS, systemic inflammatory response syndrome;
SVR, systemic vascular resistance;
TNF-α, tumor necrosis factor-α.

Adapted from Hollenberg et al with the permission of American College of Physicians, Inc, copyright © 2005, American College of Physicians, all rights reserved.

Патогенез кардиогенного шока при остром инфаркте миокарда

ема патогенеза кардиогенного шока при инфаркте миокарда с формированием трех рочных кругов (по материалам J.S. Hochman и соавт., 2003; U. Zeymer и соавт., 2020, с изм.)

В конце прошлого века была сформулирована общепризнанная классическая концепция патогенеза КШ. Согласно этим представлениям **вызванное инфарктом повреждение миокарда приводит к систолической дисфункции, результатом которой становится выраженное снижение сердечного выброса с развитием тяжелой гипоперфузии тканей и органов, приводящей к гипоксии и полиорганной недостаточности (ПОН).** В начале настоящего столетия в концепцию патогенеза КШ включили положения о формировании порочных кругов усугубления повреждений миокарда и периферических органов и тканей при КШ.

Сегодня большинство экспертов признают существование трех основных порочных кругов КШ.

Первый порочный круг — продолжение и утяжеление повреждения миокарда на фоне уже состоявшегося инфаркта.

Второй порочный круг — вызванные инфарктом систолическая и диастолическая дисфункции сопровождаются **ростом конечно-диастолического давления в левом желудочке (КДДЛЖ).**

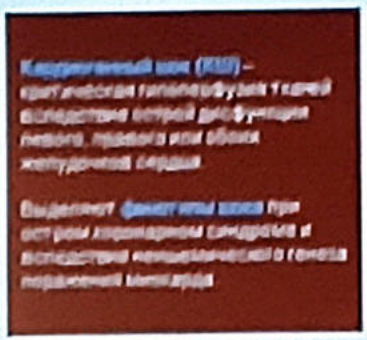
Третий порочный круг — связанные с инфарктом миокарда систолическая и диастолическая дисфункции приводят к снижению сердечного выброса и гипоксемии, что **вызывает тяжелую гипоксию органов и тканей с формированием ПОН.**

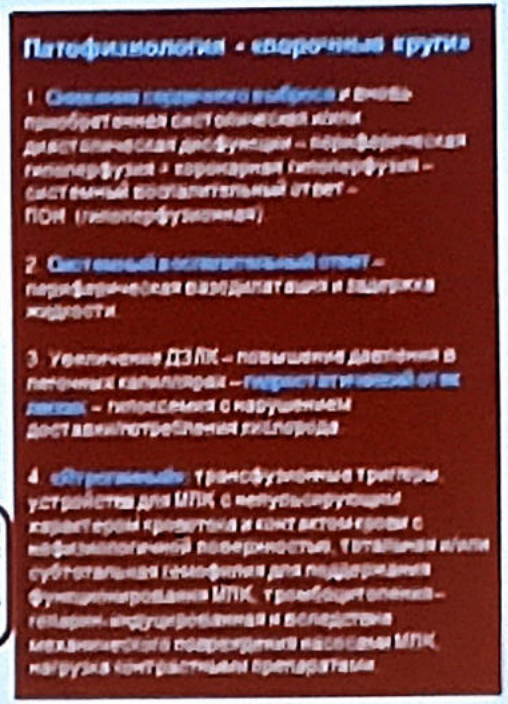
Сегодня выделяют еще один дополнительный (но не менее важный по сравнению с вышеприведенными) **«ятрогенный» порочный круг — побочные эффекты и осложнения проводимой интенсивной терапии** могут стать причинами дополнительного повреждения как миокарда, так и периферических органов и тканей.

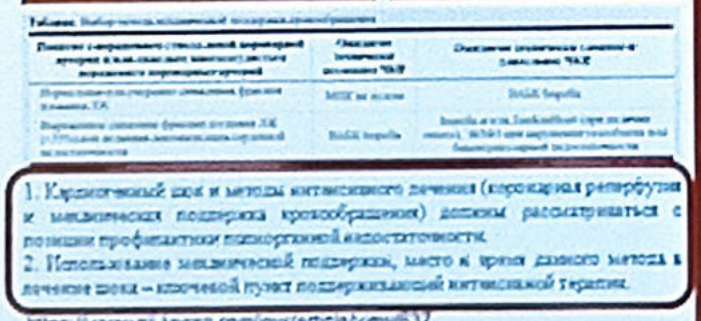
Ассоциированные с гемотрансфузиями триггеры системной воспалительной реакции, устройства для МПК с отсутствием пульсирующего характера искусственного кровотока и контакт крови с нефизиологичной поверхностью контуров этих аппаратов, гипокоагуляция, неизбежная при поддержании функционирования МПК, тромбоцитопения (гепарин-индуцированная и вследствие механического повреждения насосами), нагрузка контрастными препаратами в случае проведения чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ)

Обновления в концепции кардиогенного шока

КШ: обновление





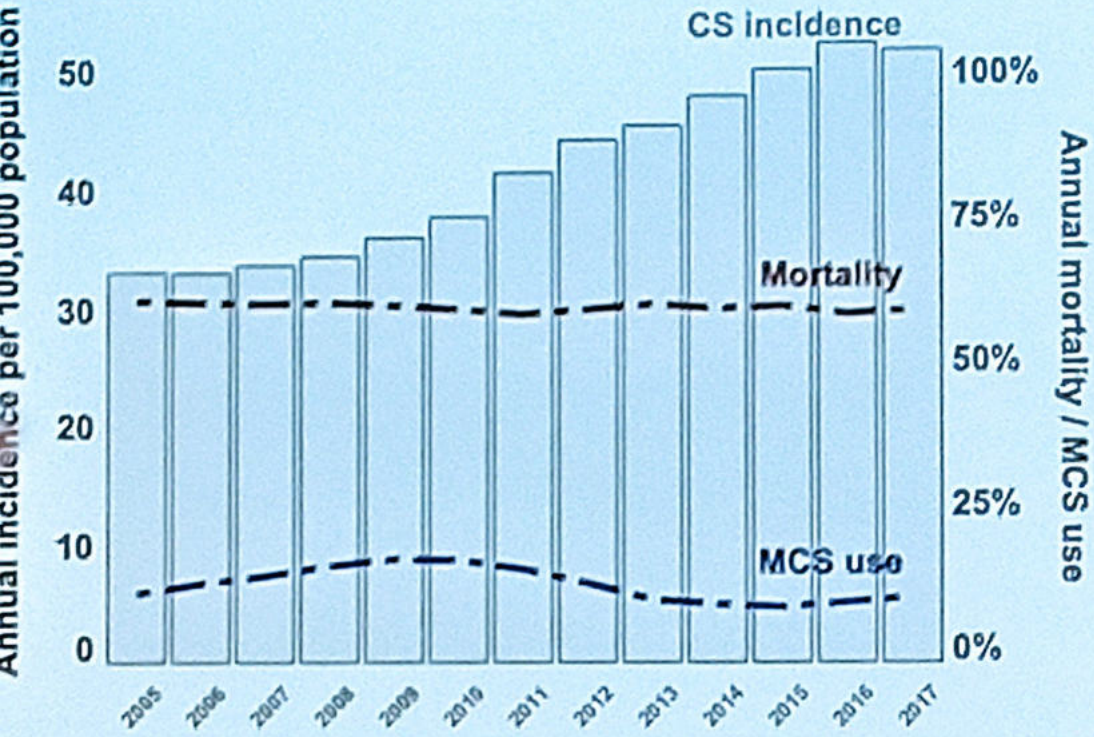


https://www.rs-kpnsz.com/jour/article/view/637
DOI 10.17802/2306-1278-2019-8-4-127-137

В Республике Беларусь

Кардиогенный шок – клинический синдром, характеризующийся прогрессивным снижением сердечного выброса, генерализованным нарушением кровообращения, микроциркуляции, гемостаза, угнетением жизненно важных функций организма
(постановление Министерства Здравоохранения Республики Беларусь 13 июня 2023 г. № 100 об утверждении клинического протокола «Интенсивная терапия критических для жизни состояний (взрослое население)»
и клинический протокол «Оказание экстренной и неотложной медицинской помощи пациентам детского возраста», утвержденный постановлением МЗ РБ от 1 августа 2023 № 118).

Ежегодная заболеваемость, смертность в стационаре и использование механической поддержки кровообращения при кардиогенном шоке



Temporal trends in incidence, causes, use of mechanical circulatory support and mortality in cardiogenic shock

Benedikt Schrage, Peter Moritz Becher, Alina Goßling, Gianluigi Savarese, Salim Dabboura, Isabell Yan, Benedikt Beer, Gerold Söffker, Moritz Seiffert, Stefan Kluge, Paulus Kirchhof ... See all authors

1.Кардиогенный шок – распространенное явление, и его частота растет с 33,1 на 100 000 населения до 51,7 на 100 000 населения в Германии

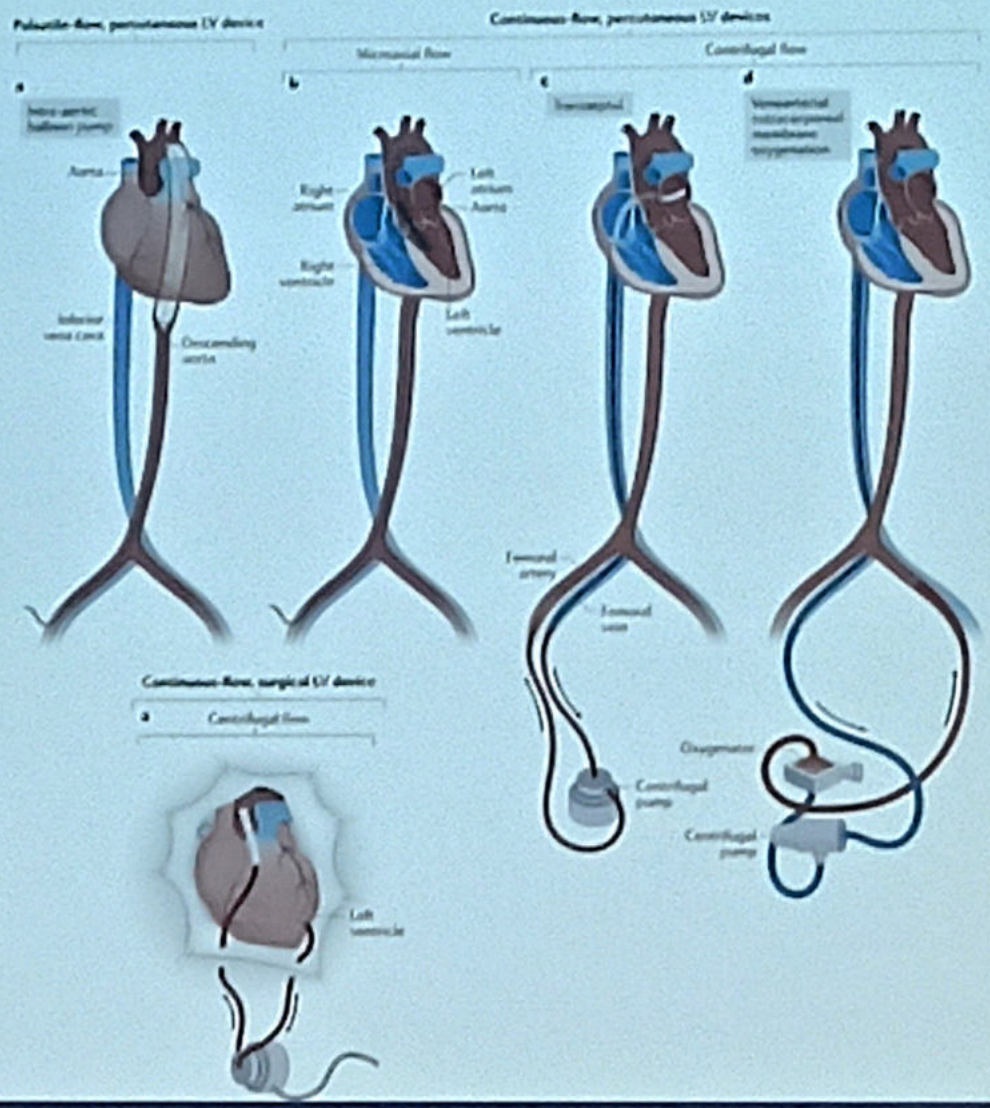
2.Рост числа случаев кардиогенного шока в основном обусловлен кардиогенным шоком, не связанным с острым инфарктом миокарда

3.Госпитальная **летальность от кардиогенного шока остается неприемлемо высокой и составляет 60%,** без явного улучшения у пациентов без острого инфаркта миокарда, хотя мы наблюдали тенденцию к снижению смертности у пациентов с острым инфарктом миокарда

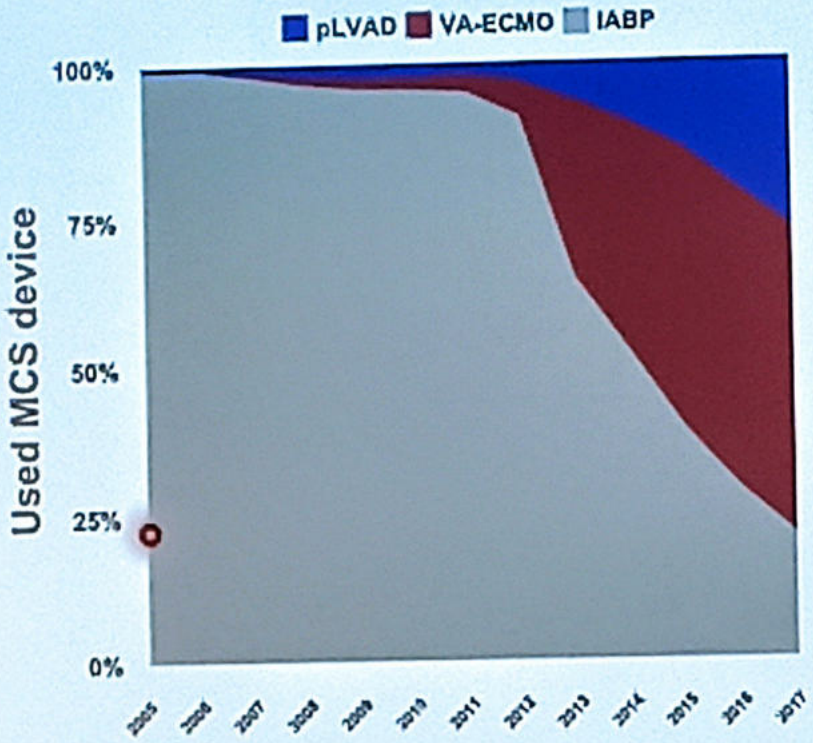
4. Механические устройства поддержки кровообращения использовались только у 10% пациентов с кардиогенным шоком в период между 2005 и 2017 годами, ежегодное использование этих устройств стабилизировалось в этом диапазоне в последние годы.

ESC Heart Failure, Volume: 8, Issue: 2, Pages: 1295-1303, First published: 19 February 2021, DOI: (10.1002/ehf2.13202)

Виды механической поддержки кровообращения при КШ



Относительная частота применения различных видов механической поддержки кровообращения при ОИМ в Германии и США



IABP, intra-aortic balloon counter-pulsation pump;
pLVAD, percutaneous left ventricular assist device;
VA-ECMO, veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation therapy

Temporal trends in incidence, causes, use of mechanical circulatory support and mortality in cardiogenic shock

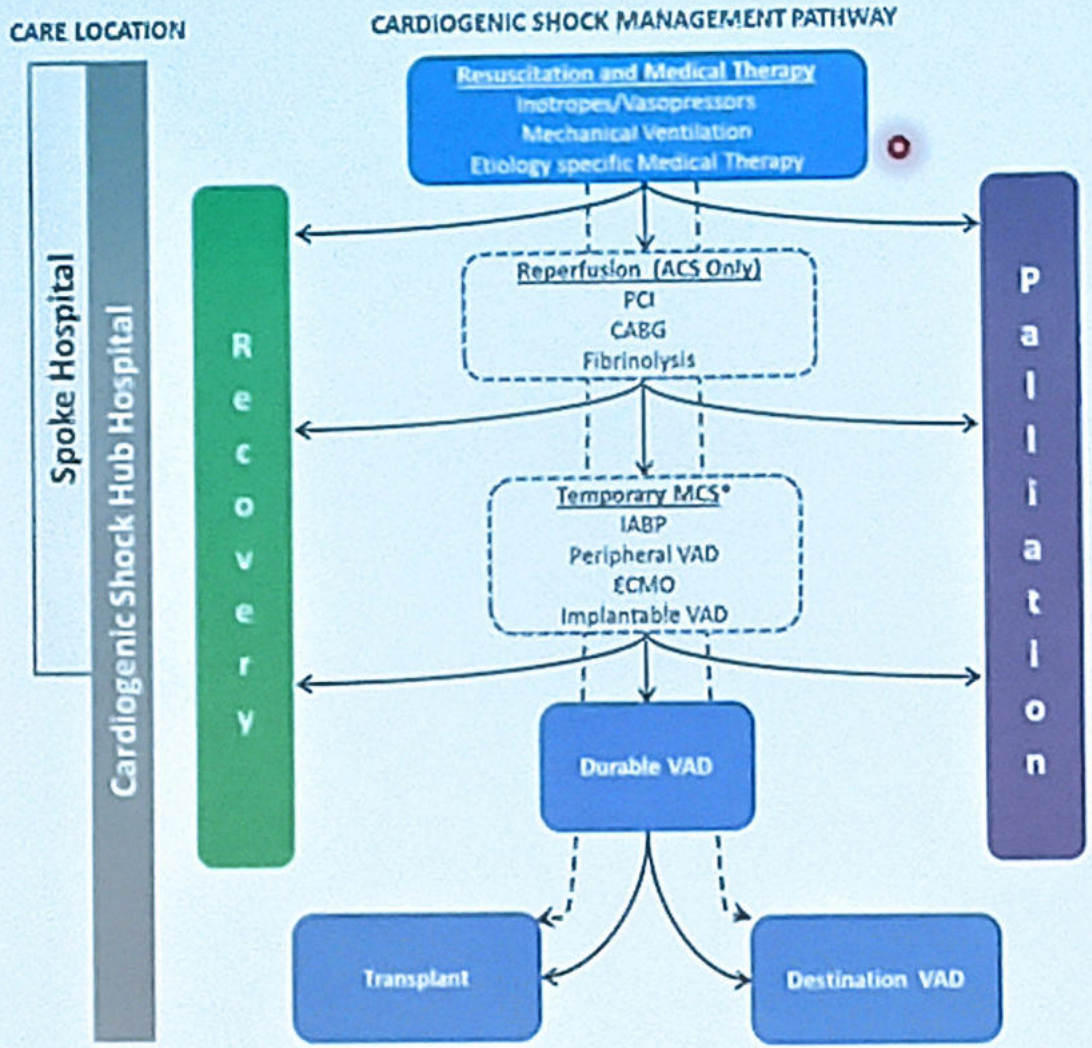
Benedikt Schrage, Peter Moritz Becher, Alina Goßling, Gianluigi Savarese, Salim Dabbours, Isabell Yan, Benedikt Beer, Gerold Stöffler, Moritz Seiffert, Stefan Kluge, Paulus Kirchhof ... See all authors

Механическая поддержка кровообращения демонстрирует четкие временные закономерности:
до 2010 года в 95% случаев КШ применялась ВАБК,
с 2011 г. прогрессивно растет частота ВА ЭКМО (до 50% КШ),
с 2013 г. увеличивается использование чрескожного левожелудочкового микроаксиллярного насоса Impella (до 25% КШ)

The IABP was the most frequently used device in this study, but its annual use decreased to a relevant degree after 2010. This coincides with the **publication of the IABP-SHOCK II trial, which showed that the IABP does not reduce mortality in cardiogenic shock due to acute myocardial infarction.**
A similar observation has been **made in the USA**, although the decrease in annual IABP use in the USA was more modest as compared with our findings.
Interestingly, our data indicate that **other mechanical circulatory support devices (pLVAD and VA-ECMO) have been increasingly used, illustrating a perceived clinical need for mechanical circulatory support devices.** Currently, there is no randomized controlled trial showing that these therapies improve outcomes in cardiogenic shock; and retrospective data showed mixed results in regard to mortality, but a clear trend towards a higher risk of complications. Randomized controlled trials evaluating pLVAD or VA-ECMO in this setting are currently ongoing.

ESC Heart Failure, Volume: 8, Issue: 2, Pages: 1295-1303, First published: 19 February 2021, DOI: (10.1002/ehf2.13202)

Возможный алгоритм оказания помощи при кардиогенном шоке



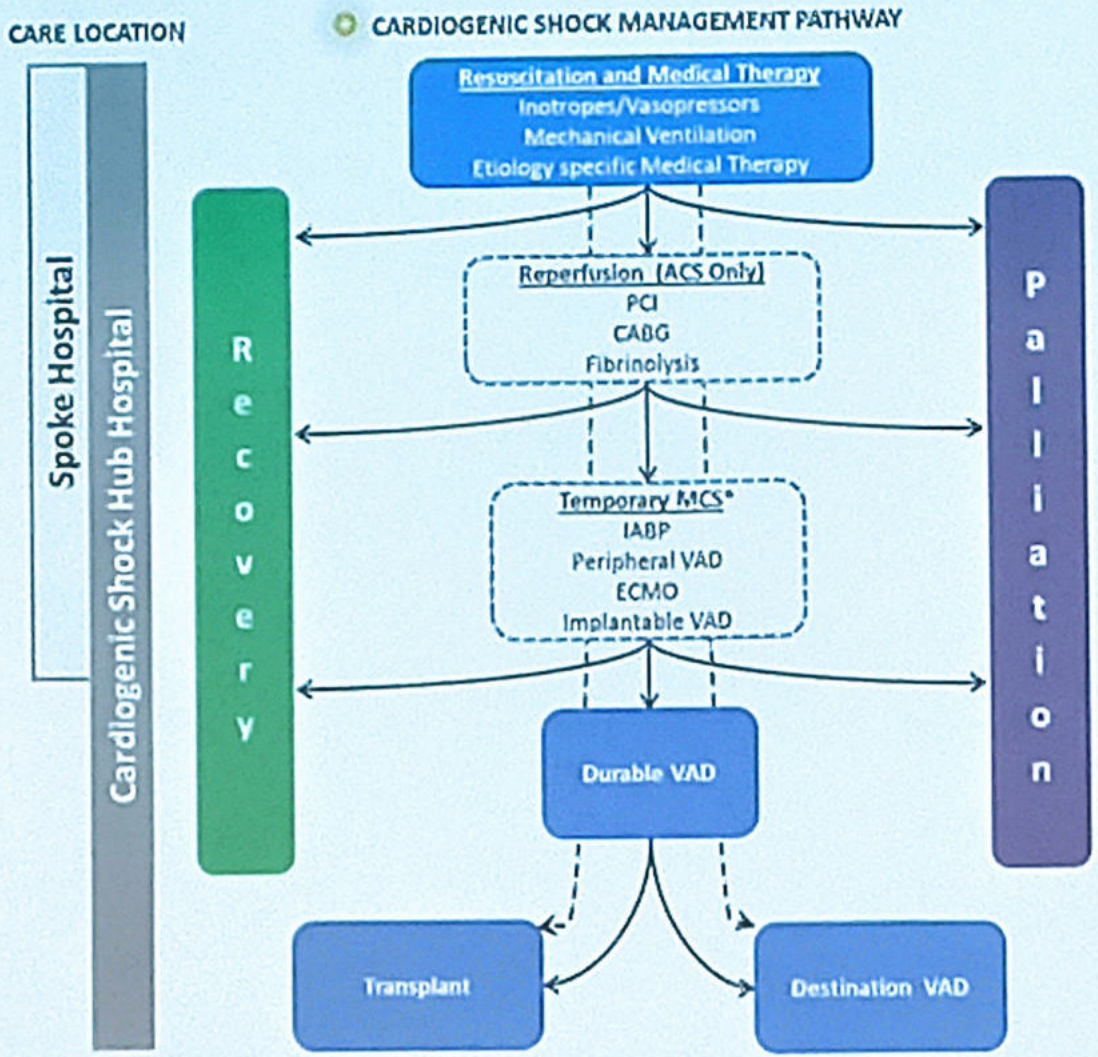
ACS indicates acute coronary syndrome;
CABG, coronary artery bypass graft;
ECMO, extracorporeal membrane oxygenation;
IABP, intra-aortic balloon pump;
MCS, mechanical circulatory support;
PCI, percutaneous coronary intervention;
VAD, ventricular assist device.

*Consider temporary MCS before reperfusion in cases of refractory cardiac arrest or shock.

Contemporary Management of Cardiogenic Shock: A Scientific Statement From the American Heart Association

CirculationVolume 136, Issue 16, 17 October 2017, Pages e232-e268

Возможный алгоритм оказания помощи при кардиогенном шоке



ACS indicates acute coronary syndrome;
CABG, coronary artery bypass graft;
ECMO, extracorporeal membrane oxygenation;
IABP, Intra-aortic balloon pump;
MCS, mechanical circulatory support;
PCI, percutaneous coronary intervention;
VAD, ventricular assist device.

*Consider temporary MCS before reperfusion in cases of refractory cardiac arrest or shock.

Contemporary Management of Cardiogenic Shock: A Scientific Statement From the American Heart Association

CirculationVolume 136, Issue 16, 17 October 2017; Pages e232-e268

Стратегии применения ВА ЭКМО

- Мост к восстановлению функции сердца, выздоровлению (bridge to recovery - BTR): пациенты с потенциально обратимыми нарушениями систоло-диастолической функции сердца, но с выраженными гемодинамическими нарушениями, которые не позволят им выжить без механической поддержки кровообращения до наступления эффекта медикаментозного лечения, устранения полиорганной недостаточности
- Мост к хирургическому или эндоваскулярному лечению
- Мост к трансплантации сердца (bridge to transplantation - BTT): пациенты в листе ожидания с выраженными гемодинамическими нарушениями, которые не позволят им дождаться трансплантации
- Мост к включению в лист ожидания трансплантации сердца (bridge to candidacy - BTC): пациенты с полиорганной недостаточностью либо обратимой высокой легочной гипертензией, что не позволяет включить их в лист ожидания
- Мост к имплантации длительной системы МПК (HeartMate III)
- Мост к принятию решения (bridge to decision- BTD)
- Сердечно-легочная реанимация (СЛР)
- «Защищенное ЧКВ» у пациентов высокого риска, сложная аблация ЖТ, сложные TAVI, Mitroclip и т.д.

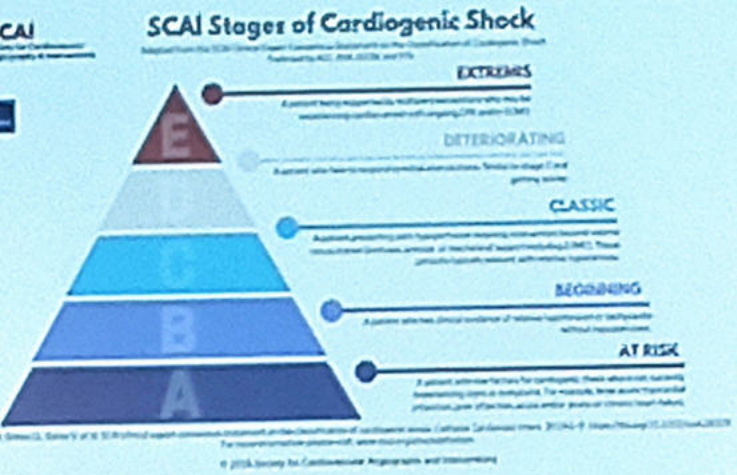
Стратегии применения ВА ЭКМО

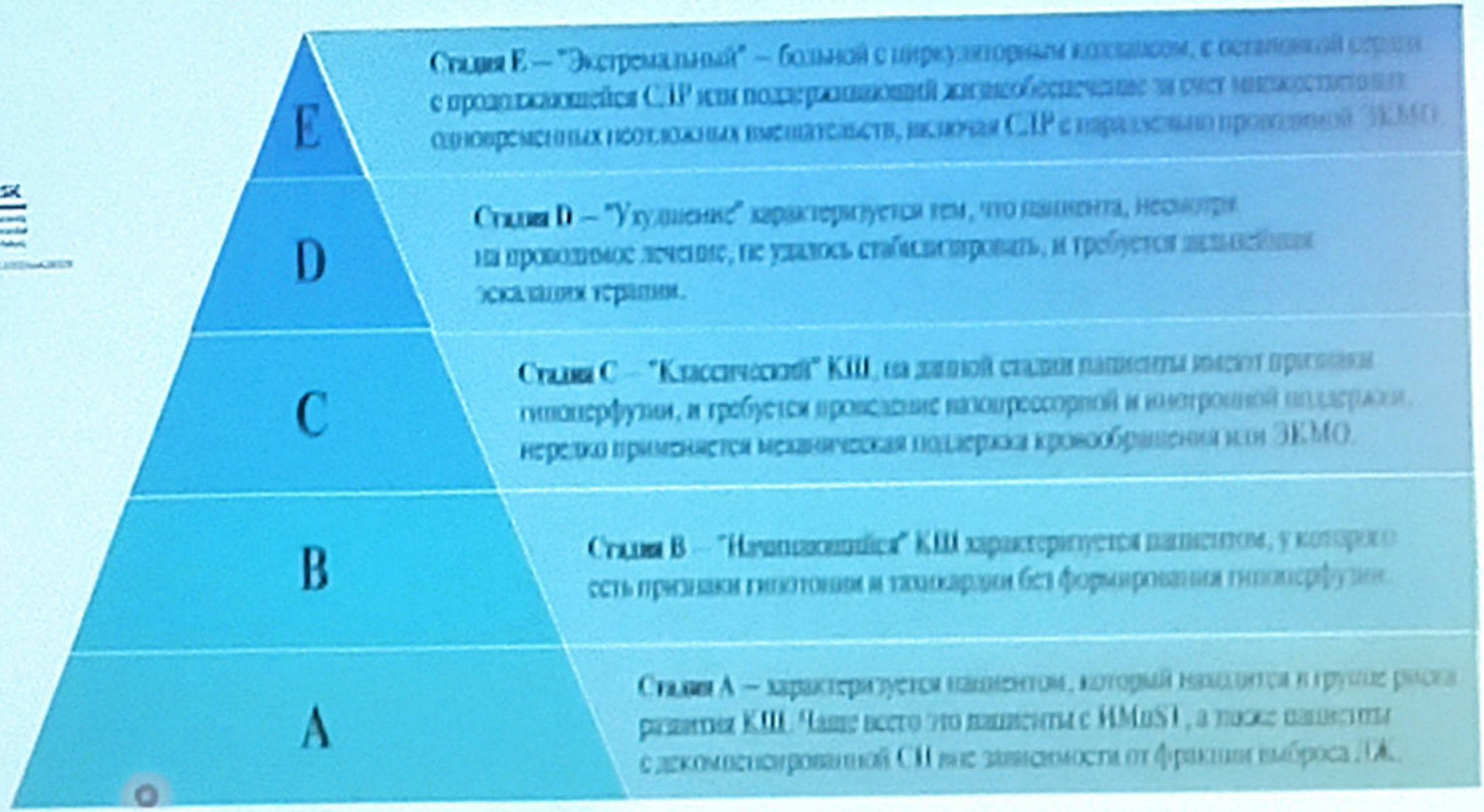
- Мост к восстановлению функции сердца, выздоровлению (bridge to recovery - BTR): пациенты с потенциально обратимыми нарушениями систоло-диастолической функции сердца, но с выраженными гемодинамическими нарушениями, которые не позволят им выжить без механической поддержки кровообращения до наступления эффекта медикаментозного лечения, устранения полиорганной недостаточности
- Мост к хирургическому или эндоваскулярному лечению
- Мост к трансплантации сердца (bridge to transplantation - BTT): пациенты в листе ожидания с выраженными гемодинамическими нарушениями, которые не позволят им дождаться трансплантации
- Мост к включению в лист ожидания трансплантации сердца (bridge to candidacy - BTC): пациенты с полиорганной недостаточностью либо обратимой высокой легочной гипертензией, что не позволяет включить их в лист ожидания
- Мост к имплантации длительной системы МПК (HeartMate III)
- Мост к принятию решения (bridge to decision- BTD)
- Сердечно-легочная реанимация (СЛР)
- «Защищенное ЧКВ» у пациентов высокого риска, сложная аблация ЖТ, сложные TAVI, Mitroclip и т.д.

Стратегии применения ВА ЭКМО

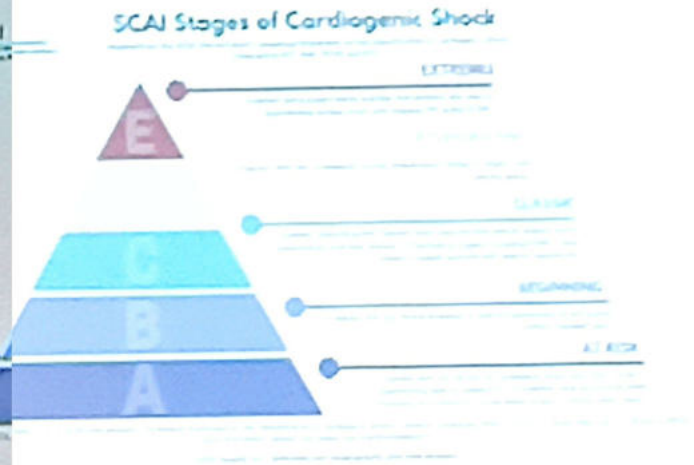
- Мост к восстановлению функции сердца, выздоровлению (bridge to recovery - BTR): пациенты с потенциально обратимыми нарушениями систоло-диастолической функции сердца, но с выраженными гемодинамическими нарушениями, которые не позволят им выжить без механической поддержки кровообращения до наступления эффекта медикаментозного лечения, устранения полиорганной недостаточности
- Мост к хирургическому или эндоваскулярному лечению
- Мост к трансплантации сердца (bridge to transplantation - BTT): пациенты в листе ожидания с выраженными гемодинамическими нарушениями, которые не позволят им дождаться трансплантации
- Мост к включению в лист ожидания трансплантации сердца (bridge to candidacy - BTC): пациенты с полиорганной недостаточностью либо обратимой высокой легочной гипертензией, что не позволяет включить их в лист ожидания
- Мост к имплантации длительной системы МПК (HeartMate III)
- Мост к принятию решения (bridge to decision- BTD)
- Сердечно-легочная реанимация (СЛР)
- «Защищенное ЧКВ» у пациентов высокого риска, сложная аблация ЖТ, сложные TAVI, Mitroclip и т.д.

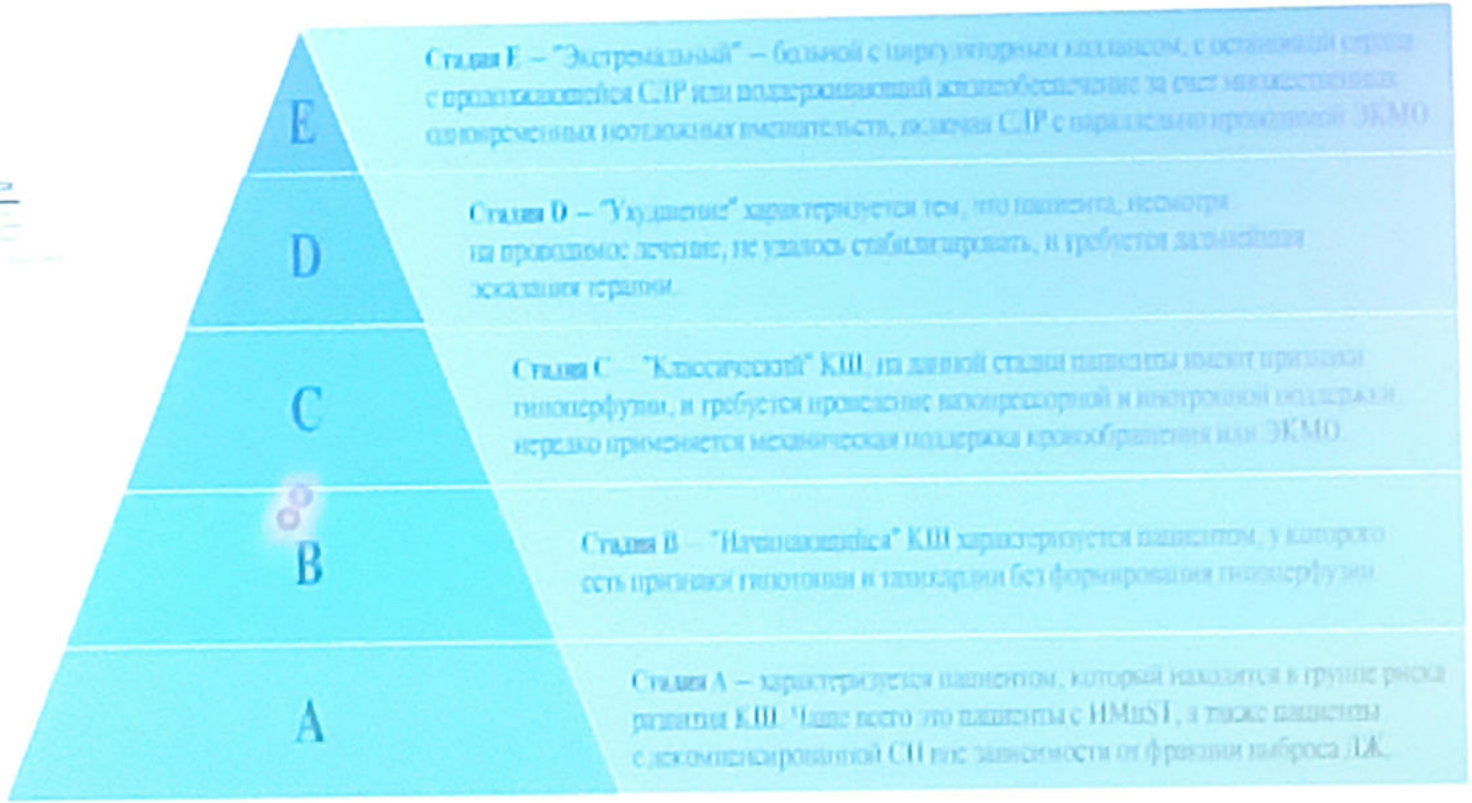
Стадии кардиогенного шока по SCAI





Стадии кардиогенного шока по SCAI





Маркеры кардиогенного шока по SCAI

Стадия	Описание	Физикальный осмотр/находки у постели больного	Биохимические маркеры	Гемодинамика
A	Пациент, у которого в настоящее время нет признаков или симптомов КШ, но который подвержен риску его развития.	Нормальное ЦВД. Чистые легочные звуки. Теплый и хорошо перфузируемый. • Дистальная пульсация • Нормальное ментальное состояние	• Нормальные лабораторные показатели • Нормальная функция почек • Нормальный лактат	Нормотензивный (САД≥100 или норма для пациента) Если определена ЦГД: • сердечный индекс ≥2.5 • ЦВД <10 • Sat ЛА ≥65%
B	Пациент, у которого есть клинические свидетельства относительной гипотензии или тахикардии без гипоперфузии.	Повышенное ЦВД. Хрипы в легочных полях. Теплый и хорошо перфузируемый. • Дистальная пульсация • Нормальное ментальное состояние	Нормальный лактат. Минимальное нарушение функции почек. Повышенный BNP	САД <90 ИЛИ СрАД <60 ИЛИ падение >30 мм рт.ст. от исходного уровня Пульс ≥100 Если определена ЦГД • сердечный индекс ≥2.2 • Sat ЛА ≥65%
C	Пациент, у которого проявления гипоперфузии, требующей вмешательства (инотропная, вазопрессорная или механическая поддержка, включая ЭКМО) помимо объемной реанимации для восстановления перфузии.	Может включать любое из: Выглядит плохо. В панике. Пепельный, пятнистый, синюшный. Холодный, липкий. Объемная перегрузка. Обильные хрипы в легких. Класс Киллип 3 или 4, BiPAP или ИВЛ. Острое изменение ментального статуса. Диурез <30 мл/ч	Может включать любое из: Лактат ≥2. Удвоение креатинина ИЛИ падение СКФ >50%. Повышение печеночных ферментов. Повышенный BNP	Может включать любое из: САД <90 мм.рт.ст. ИЛИ СрАД <60 мм.рт.ст. ИЛИ падение >30 мм рт.ст. от исходного уровня И препараты/устройства используются для поддержания АД выше этих целевых значений Центральная гемодинамика: • сердечный индекс <2.2 • ДЗЛК >15 • ДЛА/ДЗЛК ≤0.8 • PAPI <1.85 • CPI (индекс мощности сердца) [illegible]
D	Пациент, который близок к категории C, но которому становится хуже. У него отсутствует ответ на первоначальные вмешательства.	Любое из стадии C	Любое из Стадии C И: Ухудшающиеся	Любое из Стадии C и: Требующие нескольких вазопрессоров ИЛИ добавления устройств механической поддержки кровообращения для поддержания перфузии
E	Пациент, у которого происходит остановка сердца с продолжающейся СЛР и/или ЭКМО, поддерживаемый множественными вмешательствами.	Безпульсовость или близко к ней. Сердечный коллапс. ИВЛ. Использован дефибриллятор	"Пытается умереть" СЛР (А-модификатор) pH ≤7.2 Лактат ≥5	Нет САД без реанимации. Электромеханическая диссоциация или рефрактерная ЖТ/ФЖ. Гипотензия, несмотря на максимальную поддержку

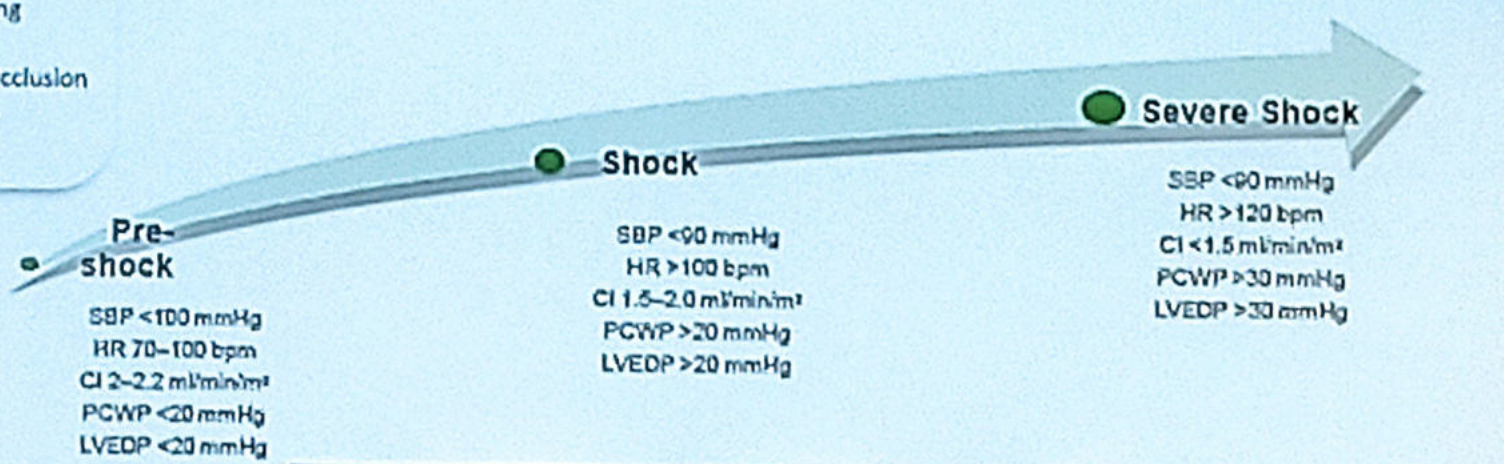
Маркеры кардиогенного шока по SCAI

Стадия	Описание	Физикальный осмотр/находки у постели больного	Биохимические маркеры	Гемодинамика
A	Пациент, у которого в настоящее время нет признаков или симптомов КШ, но который подвержен риску его развития.	Нормальное ЦВД. Чистые легочные звуки. Теплый и хорошо перфузируемый. • Дистальная пульсация • Нормальное ментальное состояние	• Нормальные лабораторные показатели • Нормальная функция почек • Нормальный лактат	Нормотензивный (САД≥100 или норма для пациента) Если определена ЦГД: • сердечный индекс ≥2.5 • ЦВД <10 • Sat ЛА ≥65%
B	Пациент, у которого есть клинические свидетельства относительной гипотензии или тахикардии без гипоперфузии.	Повышенное ЦВД. Хрипы в легочных полях. Теплый и хорошо перфузируемый. • Дистальная пульсация • Нормальное ментальное состояние	Нормальный лактат. Минимальное нарушение функции почек. Повышенный BNP	САД <90 ИЛИ СрАД <60 ИЛИ падение >30 мм рт.ст. от исходного уровня Пульс ≥100 Если определена ЦГД • сердечный индекс ≥2.2 • Sat ЛА ≥65%
C	Пациент, у которого проявления гипоперфузии, требующей вмешательства (инотропная, вазопрессорная или механическая поддержка, включая ЭКМО) помимо объемной реанимации для восстановления перфузии.	Может включать любое из: Выглядит плохо. В панике. Пепельный, пятнистый, синюшный. Холодный, липкий. Объемная перегрузка. Обильные хрипы в легких. Класс Киллип 3 или 4. BiPAP или ИВЛ. Острое изменение ментального статуса. Диурез <30 мл/ч	Может включать любое из: Лактат ≥2. Удвоение креатинина ИЛИ падение СКФ >50%. Повышение печеночных ферментов. Повышенный BNP	Может включать любое из: САД <90 мм.рт.ст. ИЛИ СрАД <60 мм.рт.ст. ИЛИ падение >30 мм рт.ст. от исходного уровня И препараты/устройства используются для поддержания АД выше эти[illegible]левых значений Центральная гемодинамика: • сердечный индекс <2.2 • ДЗЛК >15 • ДЛА/ДЗЛК ≤0.8 • PAPI <1.85 • CPI (индекс мощности сердца) ≤0.6
D	Пациент, который близок к категории C, но которому становится хуже. У него отсутствует ответ на первоначальные вмешательства.	Любое из стадии C	Любое из Стадии C И: Ухудшающиеся	Любое из Стадии C и: Требующие нескольких вазопрессоров ИЛИ добавления устройств механической поддержки кровообращения для поддержания перфузии
E	Пациент, у которого происходит остановка сердца с продолжающейся СЛР и/или ЭКМО, поддерживаемый множественными вмешательствами.	Безпульсовость или близко к ней. Сердечный коллапс. ИВЛ. Использован дефибриллятор	"Пытается умереть" СЛР (А-модификатор) pH ≤7.2 Лактат ≥5	Нет САД без реанимации. Электромеханическая диссоциация или рефрактерная ЖТ/ФЖ. Гипотензия, несмотря на максимальную поддержку

Алгоритм выбора вида механической поддержки кровообращения при ОИМ

1 Clinical characteristic + 1 Angiographic characteristic

Clinical Characteristic	Angiographic Characteristic
• LVEF < 35%	• Diffuse CAD
• Hemodynamic Instability	• Multivessel Disease
• Diabetes Mellitus	• Unprotected LM involving bifurcation
• Acute Coronary Syndrome	• Severe Coronary Total Occlusion
• Previous Cardiac Surgery	• Rotational Atherectomy
• Chronic Kidney Disease	• Late Patent Conduit



Heart pumps pulsatile IVAC 2L

IABP

ECMO

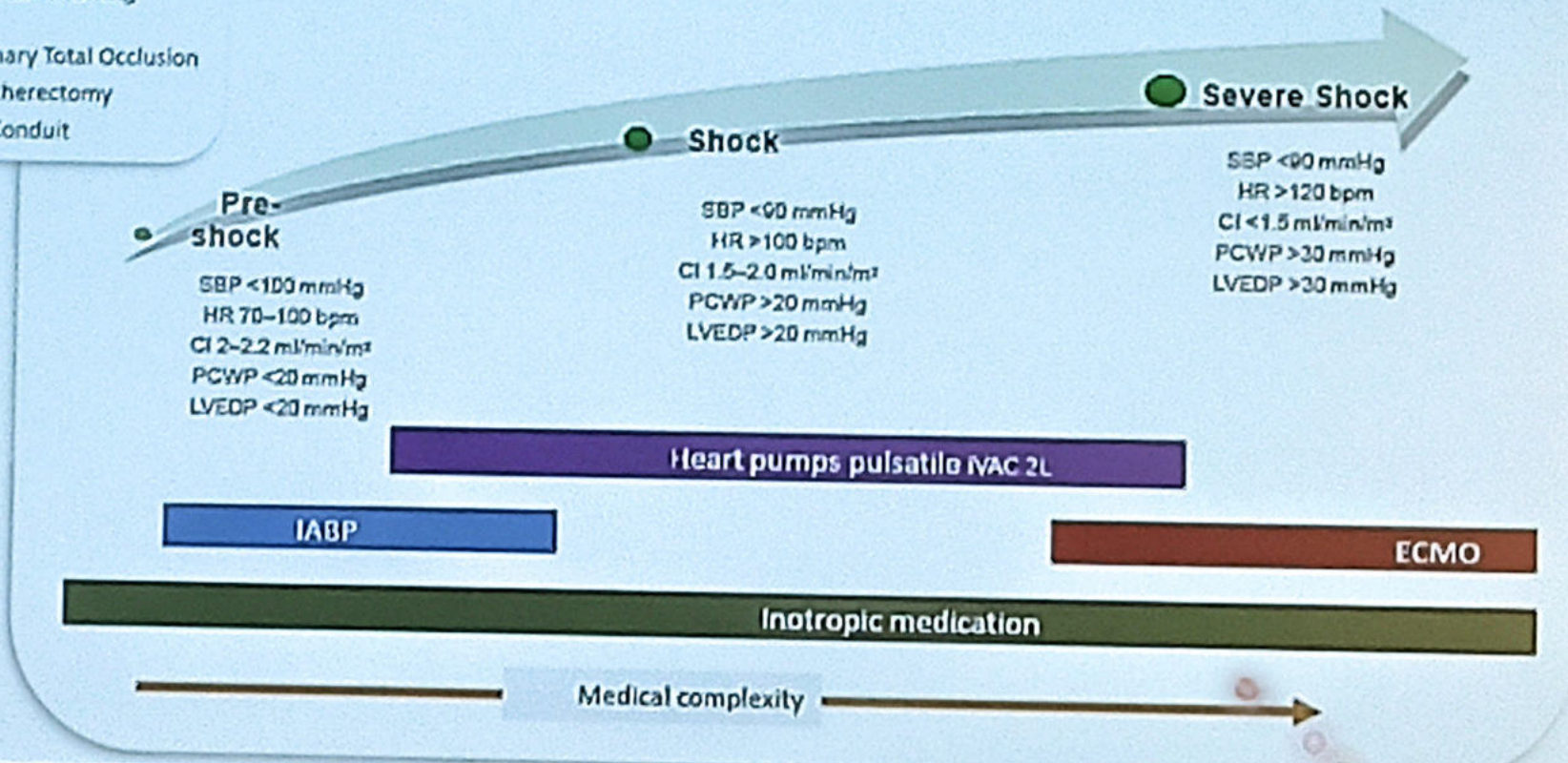
Inotropic medication

Medical complexity

Алгоритм выбора вида механической поддержки кровообращения при ОИМ

1 Clinical characteristic + 1 Angiographic characteristic

Clinical Characteristic	Angiographic Characteristic
• LVEF < 35%	• Diffuse CAD
• Hemodynamic Instability	• Multivessel Disease
• Diabetes Mellitus	• Unprotected LM involving bifurcation
• Acute Coronary Syndrome	• Severe Coronary Total Occlusion
• Previous Cardiac Surgery	• Rotational Atherectomy
• Chronic Kidney Disease	• Late Patent Conduit



Алгоритм выбора вида механической поддержки кровообращения при КШ

$$CPI^{1}\ (W/m^2) = \frac{MAP \times CI}{451}$$

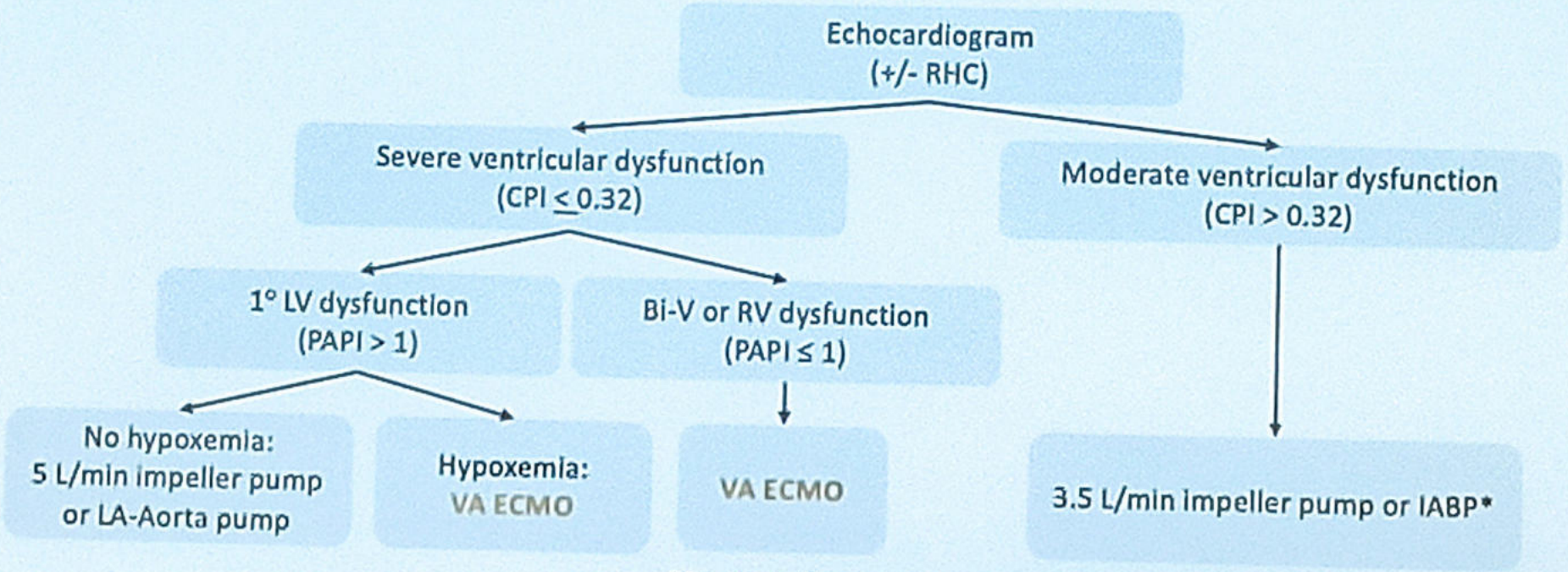
Characterizes degree of overall ventricular instability.
Normal: 0.5-0.7 W/m²

$$PAPI^{2,3} = \frac{PA\ systolic - PA\ diastolic}{RAP}$$

Characterizes degree of right ventricular (RV) instability.
Severe dysfunction: ≤ 1

EMCrit 259 – Cardiogenic Shock — The Next Level & Mechanical Circulatory Support with Jenelle Badulak November 13, 2019 by Scott Weingart,MD FCCM

...iac power index (CPI), mean arterial pressure (MAP), cardiac index (CI), pulmonary artery pulsatility index (PAPI), pulmonary artery pressure (PA), right atrial pressure (RAP)



*Contraindicated if Afib RVR, VT storm, CI < 1.8, Age < 40, or HR >100

Кардиальные критерии подключения ВА ЭКМО

Группы критериев	Критерии
Гемодинамические	СИ< 2 л/ мин /м2, систолическое АД < 90 мм рт. ст.,ср АД <60 мм Hg , несмотря на адекватные волемию, ОПСС и кардиотоническую терапию (ДЗЛА не менее 15 мм рт. ст., ЦВД не менее 10 мм рт. ст. при ПЖ нед-ти), ДЗЛА>18 мм рт. ст. (при ЛЖ недостаточности) Максимальная инотропная поддержка: адреналин>0,2 мкг/кг/мин, добутамин>7 мкг/кг/мин, норадреналин>0,3 мкг/ кг/мин, милринон >0 7 мкг/ кг/мин, левосимендан 0,2 мкг/ кг/мин Рефрактерные желудочковые аритмии со снижением СВ
Метаболические	Увеличение уровня лактата крови *(> 5, но основное значение имеет динамика)* Смешанная венозная сатурация ниже 55% Ацидоз: pH<7,20 в течение 4 часов на фоне гипотензии
Клинические	Олигоанурия (<0,5 мл/кг/час) – при отсутствии ХБП. Прогрессирование вторичной недостаточности органов
Данные ЭхоКГ	Низкая фракции выброса ЛЖ (<30%), зоны акинеза и гипокинеза
Остановка СД	подключение ЭКМО после 15-20 мин неэффективных попыток восстановления адекватной сердечной деятельности
Интраоперационные	Невозможность отключить искусственное кровообращение, несмотря на полностью выполненную коррекцию и адекватную терапию; рефрактерные желудочковые аритмии со снижением сердечного выброса; невозможность поддержания адекватной гемодинамики, несмотря на оптимальную терапию/инфузию высоких доз кардиотоников

Кардиальные критерии подключения ВА ЭКМО

Группы критериев	Критерии
Гемодинамические	СИ< 2 л/ мин /м2, систолическое АД < 90 мм рт. ст.,ср АД <60 мм Hg , несмотря на адекватные волемию, ОПСС и кардиотоническую терапию (ДЗЛА не менее 15 мм рт. ст., ЦВД не менее 10 мм рт. ст. при ПЖ нед-ти), ДЗЛА>18 мм рт. ст. (при ЛЖ недостаточности) Максимальная инотропная поддержка: адреналин>0,2 мкг/кг/мин, добутамин>7 мкг/кг/мин, норадреналин>0,3 мкг/ кг/мин, милринон >0.7 мкг/ кг/мин, левосимендан 0,2 мкг/ кг/мин Рефрактерные желудочковые аритмии со снижением СВ
Метаболические	Увеличение уровня лактата крови *(> 5, но основное значение имеет динамика)* Смешанная венозная сатурация ниже 55% Ацидоз. pH<7,20 в течение 4 часов на фоне гипотензии
Клинические	Олигоанурия (<0,5 мл/кг/час) – при отсутствии ХБП. Прогрессирование вторичной недостаточности органов
Данные ЭхоКГ	Низкая фракции выброса ЛЖ (<30%), зоны акинеза и гипокинеза
Остановка СД	подключение ЭКМО после 15-20 мин неэффективных попыток восстановления адекватной сердечной деятельности
Интраоперационные	Невозможность отключить искусственное кровообращение, несмотря на полностью выполненную коррекцию и адекватную терапию; рефрактерные желудочковые аритмии со снижением сердечного выброса; невозможность поддержания адекватной гемодинамики, несмотря на оптимальную терапию/инфузию высоких доз кардиотоников

Дополнительные критерии подключения ВА ЭКМО

Следующие дополнительные клинические и логистические факторы также необходимо учитывать при определении необходимости и времени начала ЭКМО:

- Скорость прогрессирования сердечной недостаточности.

Быстро прогрессирующая (4-6 часов) гипотензия с очень тяжелыми эхокардиографическими признаками кардиогенного шока, часто связана с молниеносным течением заболевания, что сокращает временной интервал, когда ЭКМО может быть показана.

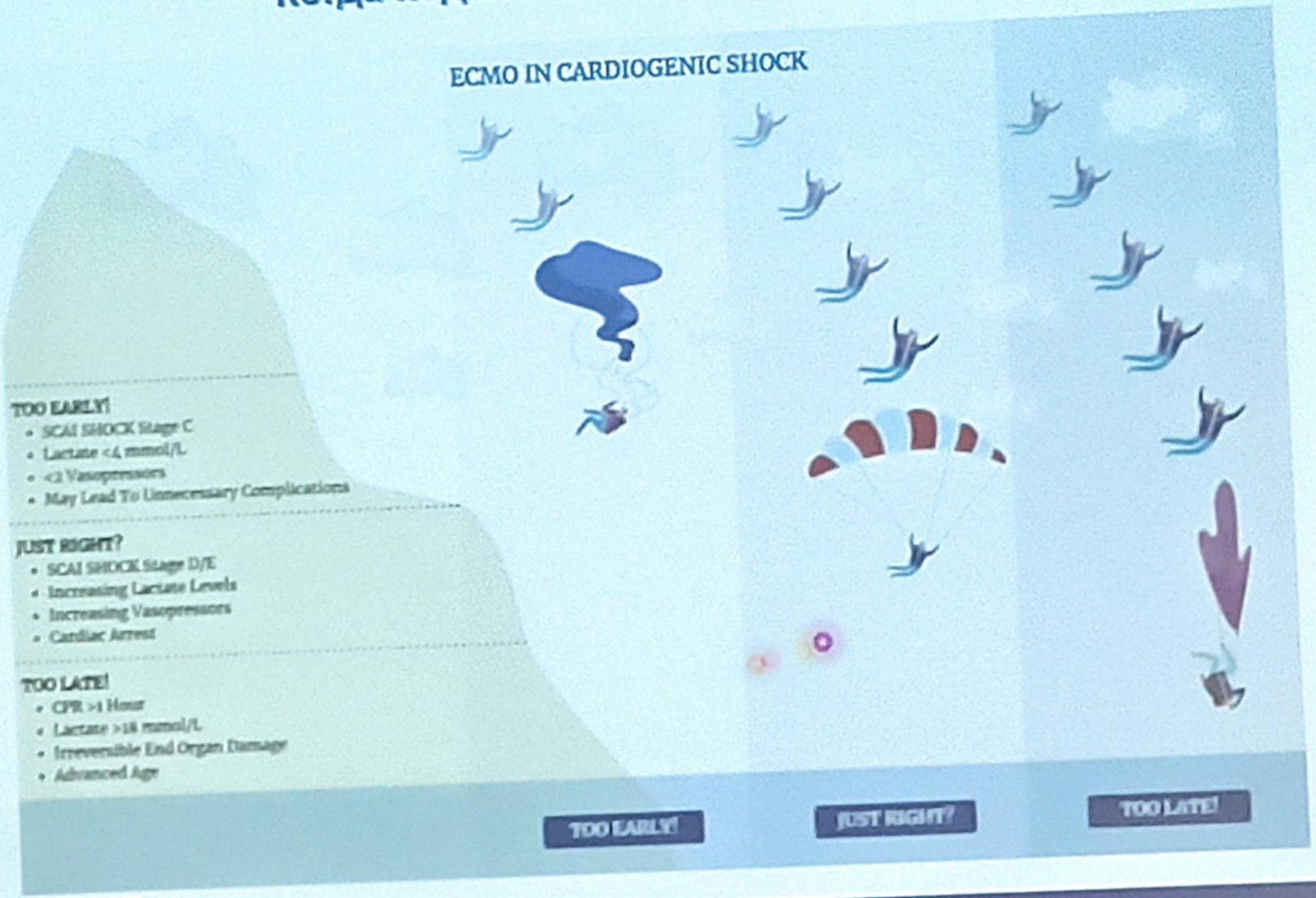
- Возникновение вторичной органной недостаточности или потребность в высоких дозах вазоактивной поддержки вследствие дыхательной недостаточности

могут способствовать более раннему началу ЭКМО. Обратите внимание, что начало ишемии печени или кожи, как правило, является признаком, который может свидетельствовать о предтерминальном состоянии, поздно подключать ЭКМО.

- Необходимость транспортировки больных.

ЭКМО в настоящее время считается самым безопасным видом транспорта для нестабильных пациентов с тяжелой сердечной недостаточностью, требующей межбольничной транспортировки.

Когда подключать ВА ЭКМО при КШ ?



Определение предшокового состояния

может снизить смертность за счет предотвращения прогрессирования до явного КШ посредством инициирования адекватных стратегий лечения.

Лучшей проверенной оценкой в этой области является недавно введенная шкала Observatoire Regional Breton sur l'Infarctus (ORBI) для прогнозирования развития КШ при инфаркте миокарда.

Основанная на 11 регулярно собираемых переменных, доступных в CathLab, шкала ORBI позволила независимо предсказать развитие внутрибольничного КШ после первичного ЧКВ:
низкий риск, 0–7 баллов;
низкий или промежуточный риск, 8–10 баллов;
промежуточный или высокий риск, 11–12 баллов;
высокий риск, >13 баллов.

Эта оценка может быть полезна при отборе пациентов с высоким риском в условиях будущих рандомизированных исследований, разработанных для обеспечения индивидуального агрессивного лечения предшоковых состояний или пациентов с КШ

Vincent Auffret, Yves Cottin, Guillaume Leurent, Martine Gilard, Jean-Claude Beer, Amer Zabalawi, Frédéric Chagué, Emanuelle Filippi, Damien Brunet, Jean-Philippe Hacot, Philippe Brunel, Mourad Mejri, Luc Lorgis, Gilles Rouault, Philippes Druelles, Jean-Christophe Comily, Romain Didier, Emilie Bot, Bertrand Boulanger, Isabelle Coudert, Aurélie Loirat, Marc Bedossa, Dominique Boulmier, Maud Maza, Marielle Le Guellec, Rishi Puri, Marianne Zeller, Hervé Le Breton, ORBI and RICO Working Groups, Predicting the development of in-hospital cardiogenic shock in patients with ST-segment elevation myocardial infarction treated by primary percutaneous coronary intervention: the ORBI risk score, *European Heart Journal*, Volume 39, Issue 22, 07 June 2018, Pages 2090–2102, https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy127

Определение предшокового состояния

может снизить смертность за счет предотвращения прогрессирования до явного КШ посредством инициирования адекватных стратегий лечения.

Лучшей проверенной оценкой в этой области является недавно введенная шкала Observatoire Regional Breton sur l'Infarctus (ORBI) для прогнозирования развития КШ при инфаркте миокарда.

Основанная на 11 регулярно собираемых переменных, доступных в CathLab, шкала ORBI позволила независимо предсказать развитие внутрибольничного КШ после первичного ЧКВ:
низкий риск, 0–7 баллов;
низкий или промежуточный риск, 8–10 баллов;
промежуточный или высокий риск, 11–12 баллов;
высокий риск, >13 баллов.

Эта оценка может быть полезна при отборе пациентов с высоким риском в условиях будущих рандомизированных исследований, разработанных для обеспечения индивидуального агрессивного лечения предшоковых состояний или пациентов с КШ

Vincent Auffret, Yves Cottin, Guillaume Leurent, Martine Gilard, Jean-Claude Beer, Amer Zabalawi, Frédéric Chagué, Emanuelle Filippi, Damien Brunet, Jean-Philippe Hacot, Philippe Brunel, Mourad Mejri, Luc Lorgis, Gilles Rouault, Philippes Druelles, Jean-Christophe Cornily, Romain Didier, Emilie Bot, Bertrand Boulanger, Isabelle Coudert, Aurélie Loirat, Marc Bedossa, Dominique Boulmier, Maud Maza, Marielle Le Guellec, Rishi Puri, Marianne Zeller, Hervé Le Breton, ORBI and RICO Working Groups, Predicting the development of in-hospital cardiogenic shock in patients with ST-segment elevation myocardial infarction treated by primary percutaneous coronary intervention: the ORBI risk score, *European Heart Journal*, Volume 39, Issue 22, 07 June 2018, Pages 2090–2102, https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy127

Определение предшокового состояния – шкала ORBI

ременные	Баллы
раст >70 лет	2
ренесенный инсульт/ транзиторная ишемическая атака	2
зод асистолии	3
фаркт миокарда (передняя нка)	1
емя, прошедшее от первичного нтакта с врачом до выполнения В >90 минут	2
асс II по шкале Killip	2
асс III по шкале Killip	6
С > 90 уд. в минуту	3
столическое давление <125 м.рт.ст и пульсовое давление <45 м.рт.ст	4
ергликемия > 10 ммоль/л	3
ражения ствола ЛКА	5
ниение кровотока TIMI flow после	5

Категории риска

Категория	Баллы	Частота возникновения кардиогенного шока в исследуемых когортах (%)
Низкий	0-7	1,3
Низкий , переходящий в средний	8-10	6,6
Средний , переходящий в высокий	11-12	11,7

Шкала TIMI

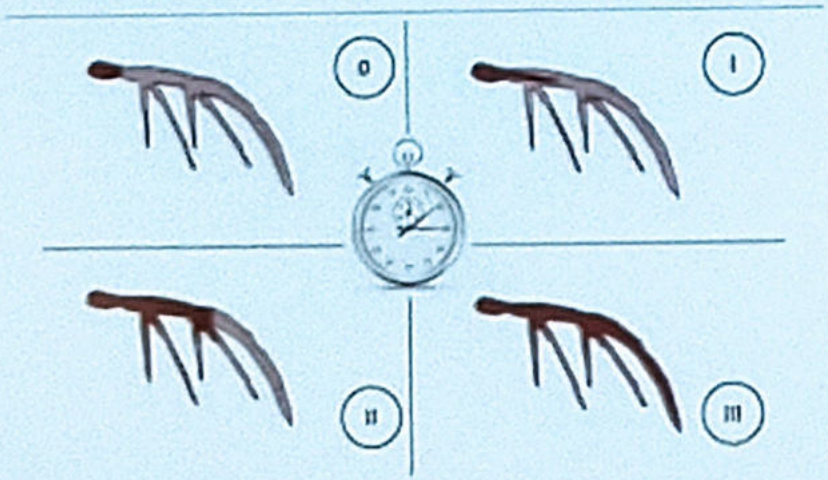
Шкала TIMI была разработана для оценки перфузии коронарной артерии после точки окклюзии при коронарной ангиографии. Эта система принята для удобной стандартизации результатов коронарографии. Некоторые алгоритмы принятия решения могут базироваться на оценке по данной шкале.

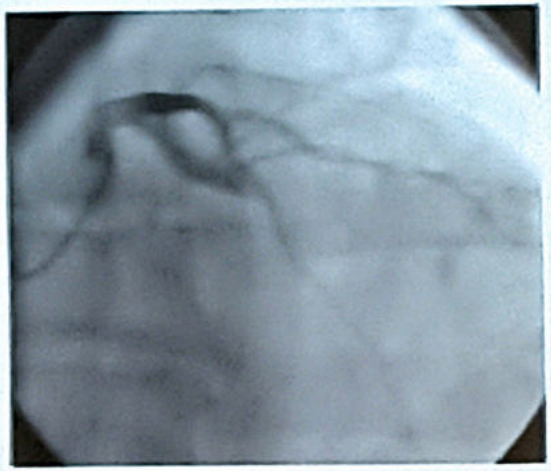
TIMI 0 – отсутствие антеградного кровотока. Контраст за местом окклюзии не визуализируется.

TIMI 1 – частичное просачивание контраста ниже точки окклюзии.

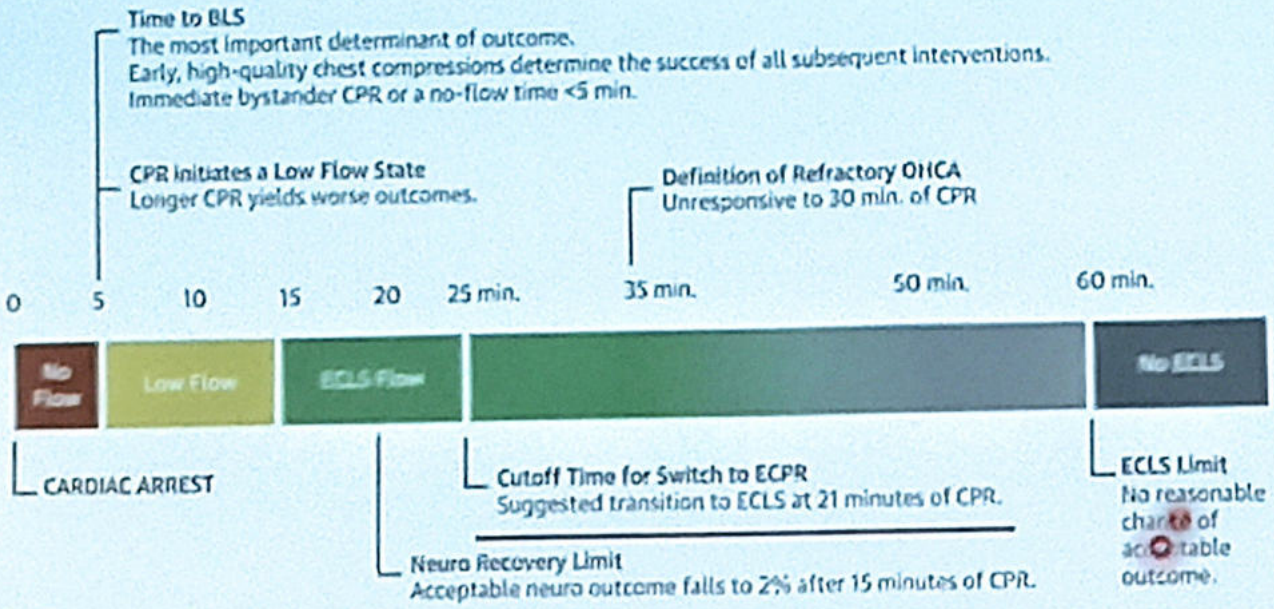
TIMI 2 – контрастирование сосуда с замедленным наполнением дистального русла.

TIMI 3 – нормальный кровоток. Если выполняется стентирование, то кровоток оценивается до и после стентирования. Пациенты с оценкой по шкале TIMI 2 имеют более плохой прогноз по сравнению с пациентами, имеющими кровоообращение по артерии ТИМИ 3, что может быть связано с нарушением микроваскулярной перфузии, наличием микроваскулярной дисфункции при открытой эпикардиальной артерии.





ЭКМО – ассоциированная сердечно-легочная реанимация (СЛР)



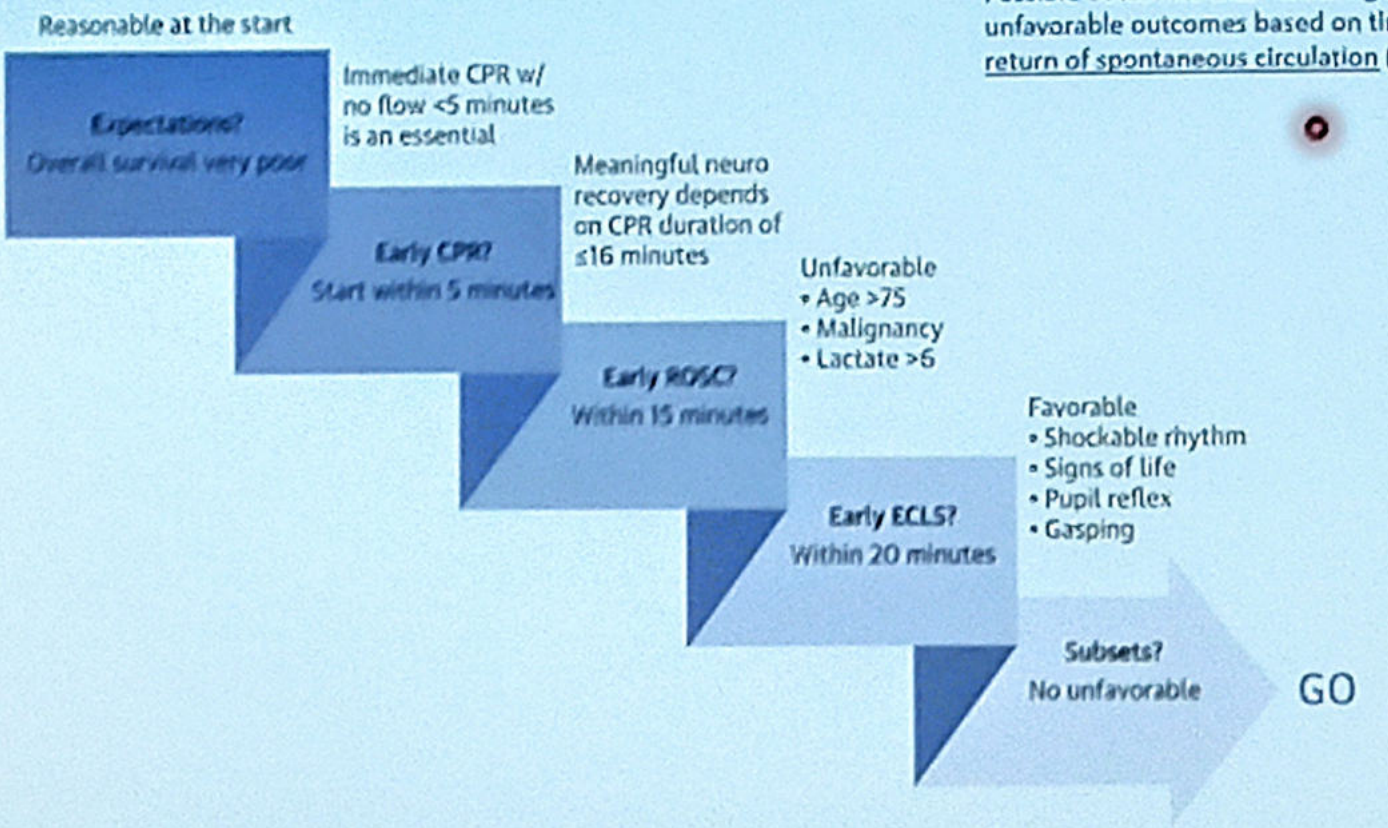
The interval from the arrest to the beginning of cardiopulmonary resuscitation (CPR) should be considered a no-flow period **(far left)**, whereas time on CPR is a low-flow period with suboptimal circulation. The probability of survival with good neurological outcome declines rapidly with each minute of conventional CPR.
When extracorporeal CPR (ECPR) is delayed until refractory cardiac arrest, CPR, survival is extremely poor **(far right)**.
BLS = basic life support;
ECLS = extracorporeal life support;
OHCA = out-of-hospital cardiac arrest.

Venoarterial ECMO for Adults: JACC Scientific Expert Panel
Author links open overlay panel Maya Guglin MD, PhD [a], Mark J. Zucker MD [b], , Biykem Bozkurt MD, PhD [d], Aly El Banayosy MD [e], Jerry D. Estep MD [f], John Gurley MD [g], , Gurusher S. Panjrath MD [h], Joseph B. Zwischenberger MD [i], Sean P. Pinney MD [j]

Journal of the American College of Cardiology
Volume 73, Issue 6, 19 February 2019, Pages 698-716

Алгоритм принятия решения о подключении ВА ЭКМО при СЛР

Possible outcomes after initiating CPR within 5 min **(far left)** leading to either favorable or unfavorable outcomes based on timeline decisions to start return of spontaneous circulation (ROSC) or ECLS.



Journal of the American College of Cardiology
Volume 73, Issue 6, 19 February 2019, Pages 698-715

Алгоритм принятия решения о подключении ВА ЭКМО при СЛР

Possible outcomes after initiating CPR within 5 min **(far left)** leading to either favorable or unfavorable outcomes based on timeline decisions to start return of spontaneous circulation (ROSC) or ECLS.

Reasonable at the start

Expectations?
Overall survival very poor

Immediate CPR w/ no flow <5 minutes is an essential

Early CPR?
Start within 5 minutes

Meaningful neuro recovery depends on CPR duration of ≤16 minutes

Early ROSC?
Within 15 minutes

Unfavorable
- Age >75
- Malignancy
- Lactate >6

Early ECLS?
Within 20 minutes

Favorable
- Shockable rhythm
- Signs of life
- Pupil reflex
- Gasping

Subsets?
No unfavorable

GO

Journal of the American College of Cardiology
Volume 73, Issue 6, 19 February 2019, Pages 698-716

Противопоказания к ЭКМО:

Профиль пациента

Возраст >75 лет

Неизлечимое заболевание

Цирроз печени по Чайлд-Пью ст B или C

Неизлечимое злокачественное новообразование

Некурабельное повреждение центральной нервной системы, внутричерепные кровоизлияния

Хроническая почечная недостаточность (ХБП 5 или потребность в хроническом диализе)

ХОБЛ в терминальной стадии

Хроническая симптоматическая сердечная недостаточность (NYHA 3 или не являющаяся кандидатом на LVAD/трансплантацию

Невозможность проведения антикоагулянтов (тяжелая коагулопатия, непереносимость антикоагулянтов, некорригируемая тромбоцитопения, активное кровотечение, отсутствие адекватного хирургического гемостаза)

Наличие диссекции аорты

Механическая вентиляция с высокими параметрами вентиляции

(FiO2 > 0,9, Pplat > 30 см вод.ст.) в течение 7 и более дней.

Длительная сердечно-легочная реанимация с необратимым аноксическим повреждением головного мозга

Начало ЭКМО не будет соответствовать известным пожеланиям пациента или лицу, принимающему решение о лечении пациента.

Противопоказания к ЭКМО

Анатомические особенности

Невозможность безопасного канюляции из-за сосудистой патологии (например, множественные стенозированные или тромбированные сосуды, такие как синдром нижней полой вены)

Аортальная регургитация более 1 степени.

В случаях, когда тяжелая сердечная недостаточность предшествует началу ВА ЭКМО и существует высокая вероятность минимального выброса ЛЖ (или его отсутствия) после начала ВА ЭКМО, наличие аортальной регургитации должно исключать ВА ЭКМО из-за высокого риска перегрузки ЛЖ.

ВА ЭКМО следует применять только когда есть разумные основания ожидать, что выброс ЛЖ будет сохранен или клапанная дисфункция может быть своевременно устранена хирургическим путем.

Индекс массы тела > 40 кг/м2

Противопоказания к ЭКМО

Особенности острого состояния

Кардиогенный шок с тяжелой микроциркуляторной недостаточностью с выраженной пятнистостью или установленной периферической пурпурой

Церебральный дефицит с фиксированными расширенными зрачками

Выраженная лекарственная иммуносупрессия (абсолютное число нейтрофилов < 0,5·109 /л)

Неконтролируемое кровотечение

Наличие диссекции аорты

Септический шок при двух и более критериях (возбудитель, резистентный к терапии)

Определение целесообразности подключения ЭКМО, факторы риска неблагоприятного исхода

Помимо основных диагнозов, к факторам риска, предшествующим ЭКМО и независимо связанным с неблагоприятными исходами, относятся:

- ✓ пожилой возраст,
- ✓ женский пол,
- ✓ высокий индекс массы тела,
- ✓ маркеры тяжести заболевания, включая почечную, печеночную или центральную нервную дисфункцию,
- ✓ более длительная продолжительность механической вентиляции до начала ЭКМО,
- ✓ повышенный уровень лактата в сыворотке
- ✓ снижение протромбиновой активности

ли разработаны шкалы оценки риска, которые учитывают эти переменные, чтобы помочь в принятии решений носительно целесообразности (или нецелесообразности) применения ЭКМО.

едложено несколько шкал риска для оценки вероятности выживания до выписки из больницы у пациентов с ЭКМО, пример, прогнозирование смерти при тяжелом ОРДС на ВВ-ЭКМО (PRESERVE), выживание после вено-артериальной ЭКМО VE), ENCOURAGE, PREDICT VA-ECMO, и простые шкалы кардиальной ЭКМО. Только шкалы **SAPS II и SAVE** оказались дходящими именно для краткосрочного и долгосрочного прогнозирования исходов у этой уязвимой группы пациентов. В е шкалы включены биомаркеры.

кала выживаемости после вено-артериальной ЭКМО (SAVE) разработана с использованием данных 3846 взрослых циентов, включенных в международный регистр Организации экстракорпоральной поддержки жизнедеятельности, для атификации пациентов на 5 категорий риска, которые коррелировали с выживаемостью после ЭКМО.

JACC Journals › JACC: Heart Failure › Archives › Vol. 6 No. 6 State-of-the-Art Review 11 April 2018

Определение целесообразности подключения ЭКМО, факторы риска неблагоприятного исхода

Помимо основных диагнозов, к факторам риска, предшествующим ЭКМО и независимо связанным с неблагоприятными исходами, относятся:

- ✓ пожилой возраст,
- ✓ женский пол,
- ✓ высокий индекс массы тела,
- ✓ маркеры тяжести заболевания, включая почечную, печеночную или центральную нервную дисфункцию,
- ✓ более длительная продолжительность механической вентиляции до начала ЭКМО,
- ✓ повышенный уровень лактата в сыворотке
- ✓ снижение протромбиновой активности

Были разработаны шкалы оценки риска, которые учитывают эти переменные, чтобы помочь в принятии решений относительно целесообразности (или нецелесообразности) применения ЭКМО.

Предложено несколько шкал риска для оценки вероятности выживания до выписки из больницы у пациентов с ЭКМО, например, прогнозирование смерти при тяжелом ОРДС на ВВ-ЭКМО (PRESERVE), выживание после вено-артериальной ЭКМО (SAVE), ENCOURAGE, PREDICT VA-ECMO, и простые шкалы кардиальной ЭКМО. Только шкалы **SAPS II и SAVE** оказались подходящими именно для краткосрочного и долгосрочного прогнозирования исходов у этой уязвимой группы пациентов. В обе шкалы включены биомаркеры.

Шкала выживаемости после вено-артериальной ЭКМО (SAVE) разработана с использованием данных 3846 взрослых пациентов, включенных в международный регистр Организации экстракорпоральной поддержки жизнедеятельности, для стратификации пациентов на 5 категорий риска, которые коррелировали с выживаемостью после ЭКМО.

JACC Journals › JACC: Heart Failure › Archives › Vol. 6 No. 6 State-of-the-Art Review 11 April 2018

Определение целесообразности подключения ЭКМО, факторы риска неблагоприятного исхода

Помимо основных диагнозов, к факторам риска, предшествующим ЭКМО и независимо связанным с неблагоприятными исходами, относятся:

- ✓ пожилой возраст,
- ✓ женский пол,
- ✓ высокий индекс массы тела,
- ✓ маркеры тяжести заболевания, включая почечную, печеночную или центральную нервную дисфункцию,
- ✓ более длительная продолжительность механической вентиляции до начала ЭКМО,
- ✓ повышенный уровень лактата в сыворотке
- ✓ снижение протромбиновой активности

ли разработаны шкалы оценки риска, которые учитывают эти переменные, чтобы помочь в принятии решений носительно целесообразности (или нецелесообразности) применения ЭКМО.

едложено несколько шкал риска для оценки вероятности выживания до выписки из больницы у пациентов с ЭКМО, пример, прогнозирование смерти при тяжелом ОРДС на ВВ-ЭКМО (PRESERVE), выживание после вено-артериальной ЭКМО AVE), ENCOURAGE, PREDICT VA-ECMO, и простые шкалы кардиальной ЭКМО. Только шкалы **SAPS II и SAVE** оказались дходящими именно для краткосрочного и долгосрочного прогнозирования исходов у этой уязвимой группы пациентов. В е шкалы включены биомаркеры.

кала выживаемости после вено-артериальной ЭКМО (SAVE) разработана с использованием данных 3846 взрослых циентов, включенных в международный регистр Организации экстракорпоральной поддержки жизнедеятельности, для ратификации пациентов на 5 категорий риска, которые коррелировали с выживаемостью после ЭКМО.

JACC Journals › JACC: Heart Failure › Archives › Vol. 6 No. 6State-of-the-Art Review 11 April 2018

Определение целесообразности подключения ЭКМО, факторы риска неблагоприятного исхода

Помимо основных диагнозов, к факторам риска, предшествующим ЭКМО и независимо связанным с неблагоприятными исходами, относятся:

- ✓ пожилой возраст,
- ✓ женский пол,
- ✓ высокий индекс массы тела,
- ✓ маркеры тяжести заболевания, включая почечную, печеночную или центральную нервную дисфункцию,
- ✓ более длительная продолжительность механической вентиляции до начала ЭКМО,
- ✓ повышенный уровень лактата в сыворотке
- ✓ снижение протромбиновой активности

Были разработаны шкалы оценки риска, которые учитывают эти переменные, чтобы помочь в принятии решений относительно целесообразности (или нецелесообразности) применения ЭКМО.
Предложено несколько шкал риска для оценки вероятности выживания до выписки из больницы у пациентов с ЭКМО, например, прогнозирование смерти при тяжелом ОРДС на ВВ-ЭКМО (PRESERVE), выживание после вено-артериальной ЭКМО (SAVE), ENCOURAGE, PREDICT VA-ECMO, и простые шкалы кардиальной ЭКМО. Только шкалы **SAPS II и SAVE** оказались подходящими именно для краткосрочного и долгосрочного прогнозирования исходов у этой уязвимой группы пациентов. В обе шкалы включены биомаркеры.
Шкала выживаемости после вено-артериальной ЭКМО (SAVE) разработана с использованием данных 3846 взрослых пациентов, включенных в международный регистр Организации экстракорпоральной поддержки жизнедеятельности, для стратификации пациентов на 5 категорий риска, которые коррелировали с выживаемостью после ЭКМО.

JACC Journals › JACC: Heart Failure › Archives › Vol. 6 No. 6State-of-the-Art Review 11 April 2018

Параметры шкалы SAVE и интерпретация баллов

Параметр	Баллы
Диагноз	
Миокардит	3
Рефрактерная ЖТ/ФЖ	2
Недостаточность сердечного/легочного трансплантата	3
ВПС	−3
Коморбидность	0
Возраст	
18-38	7
39-52	4
53-62	3
≥63	0
Вес	
≤65	1
65-89	2
≥90	0
Органная недостаточность (до ЭКМО)	
Печеночная недостаточность	−3
Дисфункция ЦНС	−3
Почечное повреждение	−3
ХБП (eGFR <60 мл/мин/1.73 м2 в течение ≥3 месяцев)	−6
Длительность ИВЛ (до ЭКМО; ч)	
≤10	0
11-29	−2
≥30	−4
Пиковое давление на вдохе≤20 см H2O	3
Циркуляторный арест (до ЭКМО)	−2
Диастолическое давление до ECMO ≥40 mm Hg	3
Пульсовое давление до ECMO ≥20 mm Hg	−2
HCO3 до ECMO ≤15 mmol/l	−3
Константа, которая добавляется ко всем расчетам	−6
Общий балл	−35 to 17

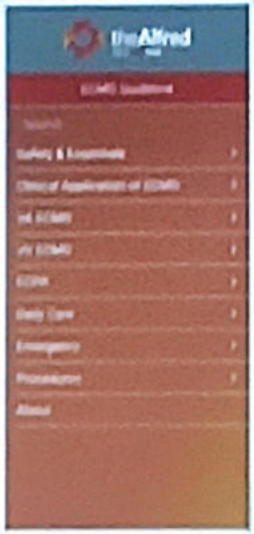
Баллы по шкале SAVE	Класс риска	Выживаемость на этапе госпитализации
>5	I	75%
1 to 5	II	58%
-4 to 0	III	42%
-9 to -5	IV	30%
≤ -10	V	18%

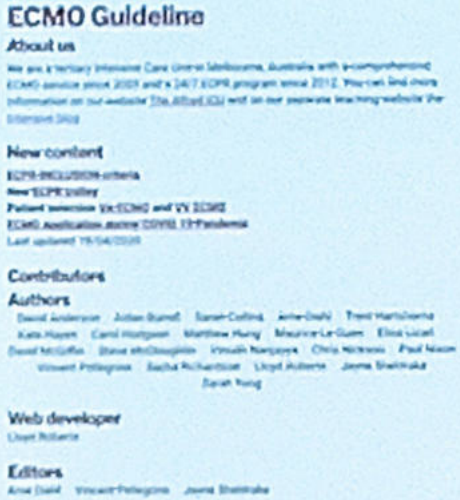
Шкала SAVE прогнозирует только выживаемость пациентов после ЭКМО до выписки из больницы и не прогнозирует неврологическую функцию или функциональный статус, что может иметь важное значение.

Учитывая высокую смертность в стационаре, затраты и этические вопросы, правильный отбор пациентов для МПК требует тщательного рассмотрения вышеупомянутых факторов.

Schmidt et al.
CNS = central nervou system; ECMO = extracorporeal membrane oxygenation; eGFR = estimated glomerular filtration rate; VF = ventricular fibrillation; VT = ventricular tachycardia; SAVE = survival after veno-arterial-ECMO.

Таблица предполагаемого прогноза ВА ЭКМО The Alfred Hospital (Melbourne)



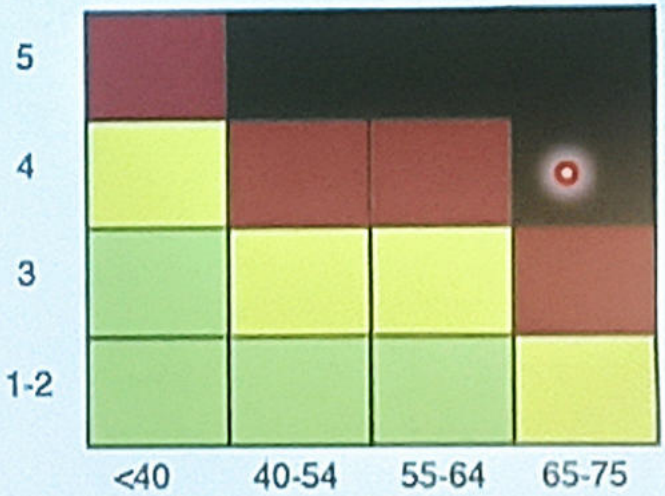


Шаги по использованию

таблицы предполагаемого прогноза ВА ЭКМО:

- Определить группу диагноза (оценка 1, 2 или 3)
- Определить наличие модификации острого (балл +1) и хронического заболевания (балл +1)
- Рассчитать комбинированный балл (1-5)
- Убедитесь, что нет абсолютных противопоказаний.

Eligibility chart



The chart indicates eligibilty and expected outcome for VA ECMO according to patient age and risk score (1-5) which is the diagnostic group 1, 2 or 3 plus presence of acute (+1) and/or chronic modifers (+1).

GREEN	Good expected outcome
YELLOW	Uncertain expected outcome
RED	Poor expected outcome/ minimal benefit
BLACK	Negligible

Группы диагнозов для определения прогноза ВА ЭКМО

А. Диагностические группы для определения правомочности и ожидаемой пользы от ЭКМО

Диагнозы распределяются в соответствии с предполагаемыми исходами ВА ЭКМО на «благоприятные», «высокого риска» и «неблагоприятные». Они связаны с обратимостью и излечимостью состояния.

Благоприятные категории диагнозов (оценка = 1)
Фульминантный миокардит
Легочная эмболия с кардиогенным шоком
Первая презентация кардиомиопатии
Первичная аритмогенная кардиомиопатия
Передозировка препарата с угнетением сердечной деятельности и отсутствием ожидаемых долгосрочных последствий
Первичная дисфункция трансплантата после трансплантации сердца (триггер см. в отдельной таблице)
Ишемический ДМЖП после ОИМ

Категории диагнозов высокого риска (оценка = 2)
ОИМ, осложненный кардиогенным шоком – ранняя реперфузия
Разрыв папиллярных мышц/митральная регургитация при ОИМ
Неспособность отключить искусственное кровообращение
Острое отторжение трансплантата сердца. Реципиент, подходящий для VAD/повторной трансплантации

Неблагоприятные категории диагнозов (оценка = 3)
ОИМ, осложненный кардиогенным шоком – отсроченная или неудачная реперфузия
Хроническое отторжение трансплантата сердца. Реципиент, подходящий для VAD/повторной трансплантации
Хроническая кардиомиопатия, не подходящая для VAD (сепсис и/или почечная недостаточность)
ГКМП, связанная с сердечной недостаточностью
Рестриктивная хроническая кардиомиопатия
Септический шок у взрослых

Примечание: в данной таблице не рассматриваются пациенты из групп СЛР, ХСН (моста к трансплантации) и перипроцедурного ЭКМО.

Клинические модификаторы

Сопутствующие заболевания пациента и острое клиническое состояние пациента являются модификаторами исхода пациента.
Увеличьте балл на единицу за наличие хронических или острых модификаторов.
Если присутствуют как острые, так и хронические модификаторы, увеличьте балл на два.

Хронические (сопутствующие заболевания) – одно или несколько присутствующих прибавляют к баллу единицу (оценка +1):

Заболевание периферических сосудов (симптомное, после реваскуляризации или после ампутации)
Ранее известная ишемическая болезнь сердца или предшествующая реваскуляризация
Предшествующая операция на клапане, АКШ или операция на аорте
ХОБЛ средней степени тяжести (GOLD стадия II, ОФВ1 50-80%)
Хроническая болезнь почек стадии 3 или 4 (рСКФ 60-15 мл/мин/1,73 м2) : Стадия 3а: 45–59 мл/мин/1,73 м2, Стадия 3б: 30–44 мл/мин/1,73 м2, Стадия 4: СКФ 15–29 мл/мин/1,73 м2
Хроническое заболевание печени
Длительная иммуносупрессия

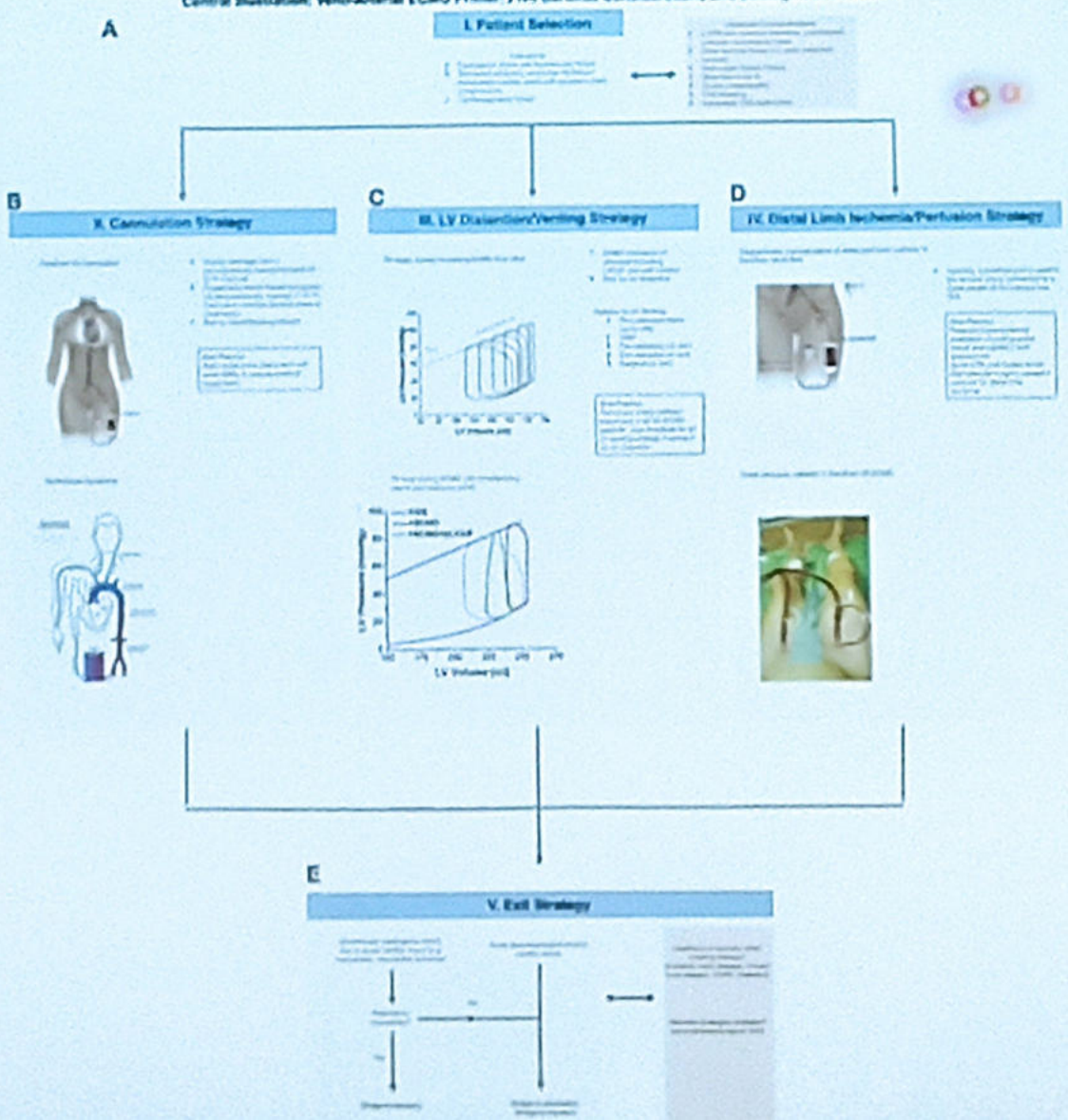
Острое клиническое состояние – одно или несколько присутствующих прибавляют к баллу один балл (балл +1):

Лактат ≥10 ммоль/л
Ишемический гепатит, определяемый по АСТ или АЛТ >1000 МЕ/л или МНО >3,0
Анурия > 4 часов

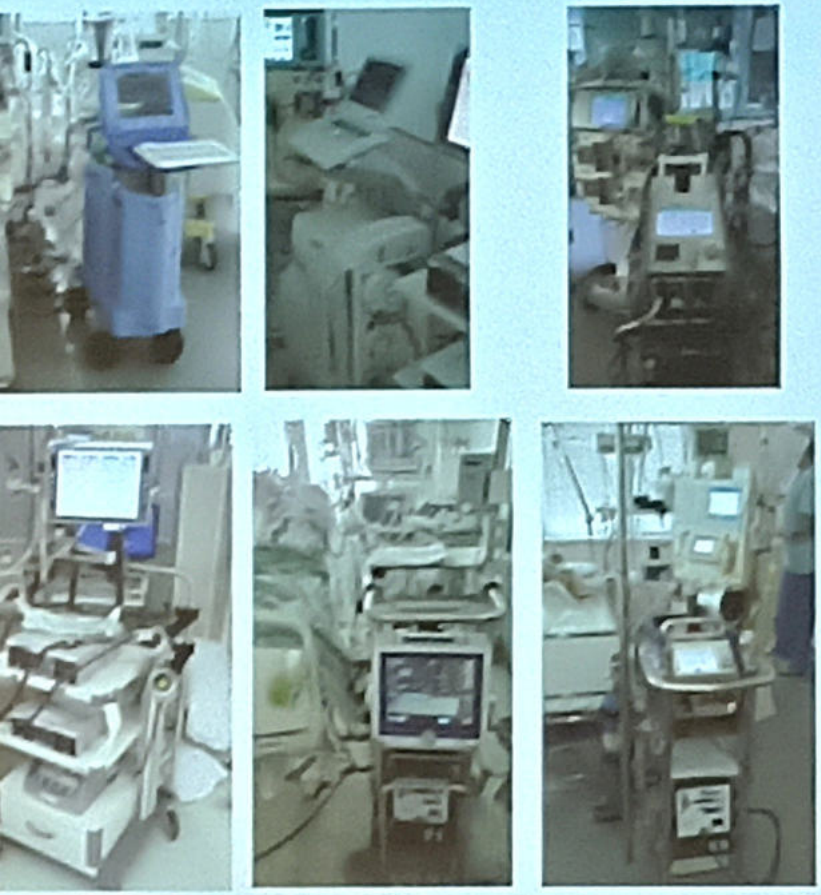
Роль УЗИ – диагностики для принятия решения о ВА ЭКМО

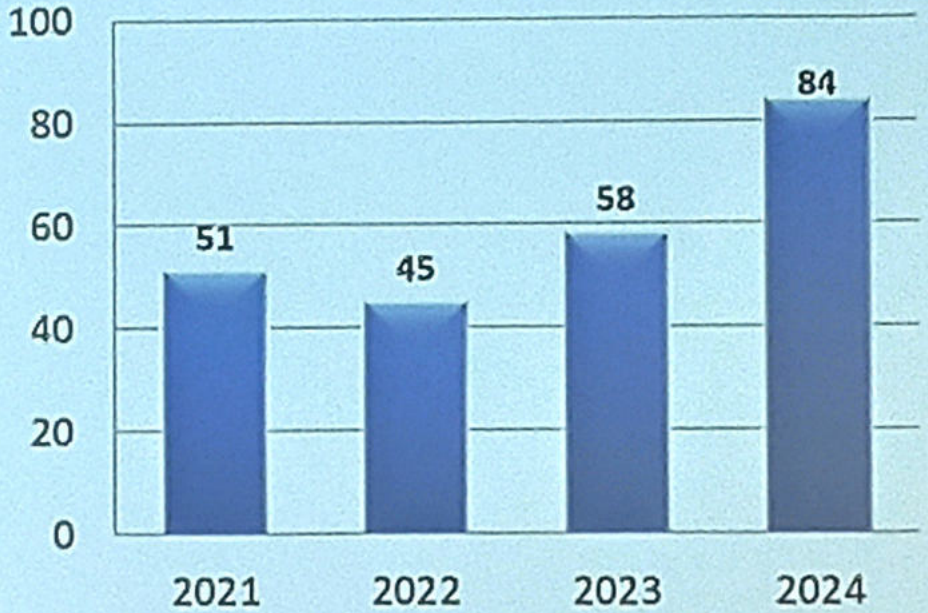
Клинический вопрос	Информация
Функция желудочков	Преимущественное поражение левого, правого или обоих желудочков.
Этиология шока	Острый инфаркт миокарда
	- Распространенность инфаркта/миокарда в зоне риска
	- Состояние зоны, не связанной с инфарктом
	- Наличие механических осложнений
	Острая клапанная недостаточность/обструкция (собственного/протезированного клапана)
	- Этиология: эндокардит, дегенеративное заболевание клапана
	- Локализация и гемодинамические последствия
	Динамическая обструкция выходного тракта левого желудочка
	Кардиомиопатия Такоцубо
	Тампонада сердца
	- Циркулярный vs. локализованный выпот
	- Доступ для перикардиоцентеза, если показан
	Острая тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА):
	- Функция правого желудочка
	- Наличие тромба в переходе / Открытое овальное окно
	Острый аортальный синдром
	- Характер и распространенность расслоения
	- Степень аортальной недостаточности
	- Наличие перикардиального выпота
Гемодинамика	Оценка объемного статуса по нижней полой вене
	Расчетное систолическое давление в легочной артерии
	Расчетное давление в левом предсердии
Терапевтическое руководство	Титрование вазоактивной поддержки
	Мониторинг ответа на терапию
	Решения о механической поддержке кровообращения: поддержка одного или обоих

Central Illustration: Veno-Arterial ECMO Primer: Five Cardinal Considerations and Strategies at Initiation



Механическая циркуляторная поддержка при ОСН, рефрактерной к медикаментозной терапии (пациенты с ВАБК, обходами желудочков, ЭКМО) в РНПЦ «Кардиология»





Клинические результаты ЭКМО в РНПЦ «Кардиология» 2024 г.

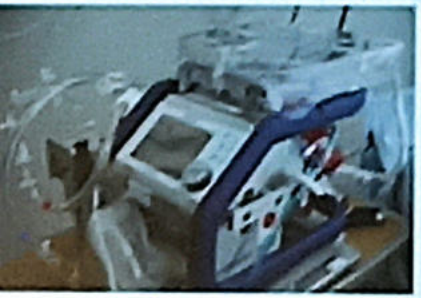
ЭКМО
57 пациентов
(59 подключений)

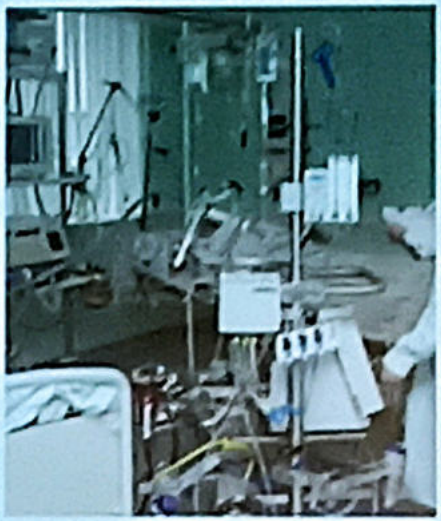
Летальный исход в 1-е сутки:
- 13 пациентов (22% от всех, 43% от летальных)

Успешно отключено ЭКМО
29 пациента (49%)

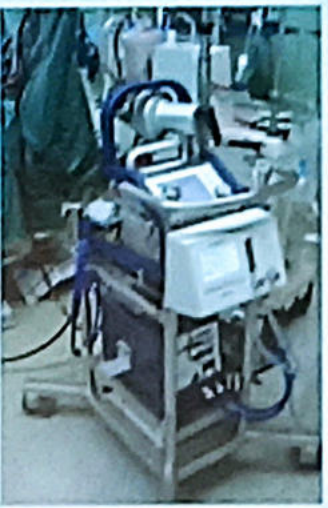
Летальный исход после отключения ЭКМО
10 пациентов (36%)

Выписано с улучшением 19 пациентов
(33% от всех, 65% отлученных)





Вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА ЭКМО) при ОСН, СМСВ и СЛР



2024 г.: 57 пациентов (59 сетов ЭКМО), подключение :

- в КХ и гибридных операционных: 24 (38,7%)
- в рентген-оп.: 22 (35,5%)
- в АРО №1 и №2: 15 (24,2%)
- в ПИТ: 1 (1,6%)

Виды ЭКМО

ВА – 50 (85%)
ВВ – 2 (3%)
ВАВ – 7 (12%)

ECMO-CS Trial

Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Therapy of Cardiogenic Shock

Ostadal P, et al. Nov 6, 2022. Circulation

QUESTION

In patients with rapidly deteriorating or severe cardiogenic shock, does the immediate implementation of VA-ECMO lead to better outcomes compared to early conservative therapy?

INCLUSION CRITERIA

A. Rapidly deteriorating cardiogenic shock (corresponding to SCAI stage D-E)
Repeated bolus of vasopressors to maintain MAP > 50mmHg + LVEF <35% or LVEF 35-55% in severe MR or AS

B. Severe cardiogenic shock (corresponding to SCAI stage D)
Hemodynamic conditions
- CI <2.2 L/min/m2 + NE + DBA or
- SBP <100 mm Hg + NE + DBA + (LVEF <35% or LVEF 35-55% + severe MR or AS)

Metabolic conditions
- Lactate- 2 consecutive values ≥3 mmol/L*
- SvO2- 2 consecutive values <50%**

Hypervolemia exclusion
- CVP >7 mm Hg or PAWP >12 mm Hg

NE = Norepinephrine ~0.1 µg/kg/min
DBA = Dobutamine ~5 µg/kg/min

* ≥50 min blow samples & non decreasing trend on steady doses of inotropic drug management
** ≥50 min blow samples & non decreasing trend on steady doses of inotropic drug management

METHODS

4 sites
Czech Republic

137 patients

Mean age 66 yrs
~27% Female

Randomized trial
1:1 Open label

Follow-up 30 days

IMMEDIATE VA-ECMO
N= 68

EARLY CONSERVATIVE THERAPY
N= 69

1° OUTCOME

Composite of death from any cause, another MCS (including VA ECMO in the conservative arm) & resuscitated cardiac arrest

HR 0.72
95% CI 0.46-1.12

37 (63.8%)

42 (71.2%)

Downstream ECMO in early conservative arm
23 (39.0 %)

2° OUTCOME

No statistically significant difference in all-cause mortality at 30 days, neurological outcome at 30 days, bleeding, leg ischemia, pneumonia, sepsis, technical complications & serious adverse events between the two groups.

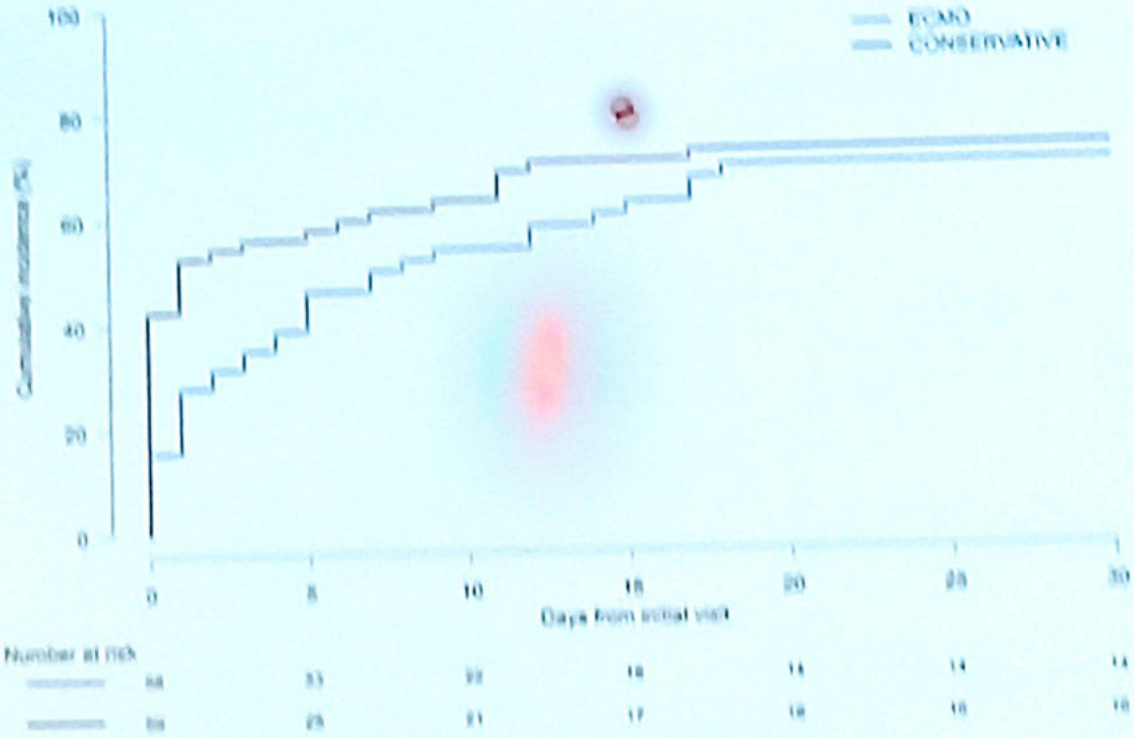
MCS = Mechanical circulatory support

CONCLUSION

In patients with cardiogenic shock (SCAI stages D-E), immediate implementation of VA-ECMO did not result in superior outcomes compared with initial conservative therapy.

Created by @sukritibanthiya
Edited by @TDenison, @AmitGupteMD

Cumulative incidence of the composite primary end point. ECMO indicates extracorporeal membrane oxygenation.



This multicenter, randomized, investigator-initiated, academic clinical trial included patients with either rapidly deteriorating or severe cardiogenic shock.
Patients were randomly assigned to immediate VA-ECMO or no immediate VA-ECMO. Other diagnostic and therapeutic procedures were performed as per current standards of care.
In the early conservative group, VA-ECMO could be used downstream in case of worsening hemodynamic status.

The primary end point was the composite of death from any cause, resuscitated circulatory arrest, and implementation of another mechanical circulatory support device at 30 days.

Pelr Ostadal. Circulation. Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Therapy of Cardiogenic Shock: Results of the ECMO-CS Randomized Clinical Trial, Volume: 147, Issue: 6, Pages: 454-464, DOI: (10.1161/CIRCULATIONAHA.122.062949)

© 2023 American Heart Association, Inc.

Основные изменения, внесенные в руководство Американского колледжа кардиологов/Американской ассоциации сердца (ACC/AHA) 2025 года по механической поддержке кровообращения (MCS) при кардиогенном шоке, связанном с острым инфарктом миокарда

Guideline Changes for use of Mechanical Circulatory Support in Myocardial Infarction With Cardiogenic Shock

	2013 STEMI	2014 NSTEMI	2025 ACS
IABP	2a (Is reasonable)	- →	3 (Not recommended)
VA-ECMO	-	- →	3 (Not recommended)
mAFP	2b (May be reasonable)	- →	2a (STEMI) (Is reasonable)

ACC/AHA guidelines

DanGer Shock

Inclusion Criteria

STEMI or STEMI equivalent with occluded coronary (<36 hours to 12 hours after revascularization) + CS <24 hours - SBP <100 mm Hg or vasopressor need + Arterial lactate ≥2.5 mmol/L | SvO_2 <55% with a normal PaO_2 + LVEF <45%

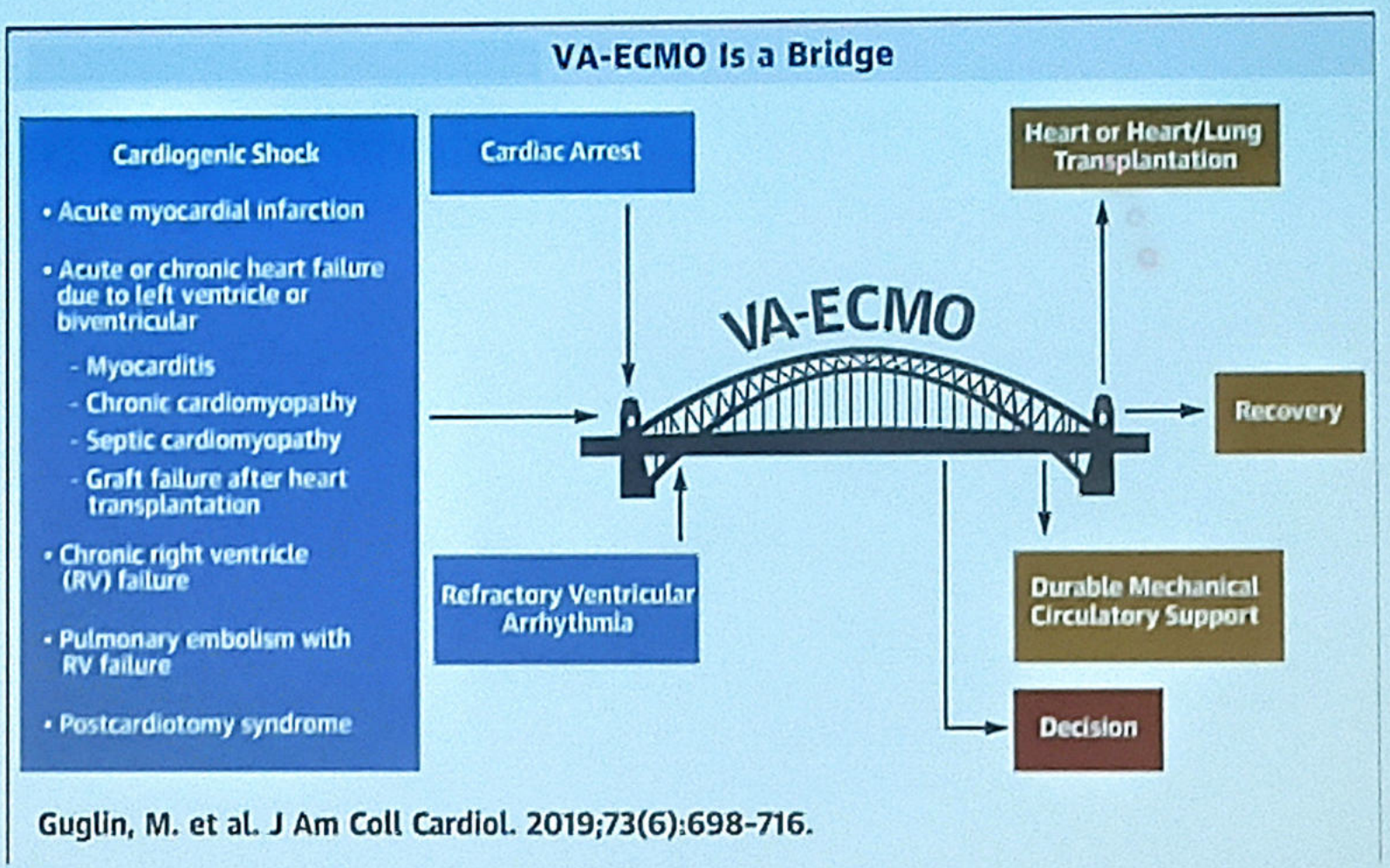
Exclusion Criteria

RV failure; ORCA with GCS <8 after ROSC; Severe PAD precluding mAFP; Life expectancy <1 year; Mechanical complications of AMI; Severe AS/AR, Mechanical AVR, Severe aortic abnormalities, LV thrombus

Unanswered questions and future direction:

- Would VA-ECMO or IABP have benefit if applied to DanGer Shock-like patients?
- When and how to best use combined MCS modalities in managing CS?
- Physicians and critical care teams need expertise in mAFP management to mitigate risks and optimize benefit.
- Implementation-based research needed to evaluate real-world outcomes and develop best practices.

ВА ЭКМО – жизнеспасающая технология



Guglin, M. et al. J Am Coll Cardiol. 2019;73(6):698-716.

Показания и противопоказания для проведения вено-венозной ЭКМО

ГУ «МНПЦ ХТиГ» Махановский И.А. ОАР №5

$$DO_2 = CO * [CaO_2]$$

$$VO_2 = CO * [CaO_2 - CvO_2]$$

$$CO = \frac{SV * HR}{*}$$

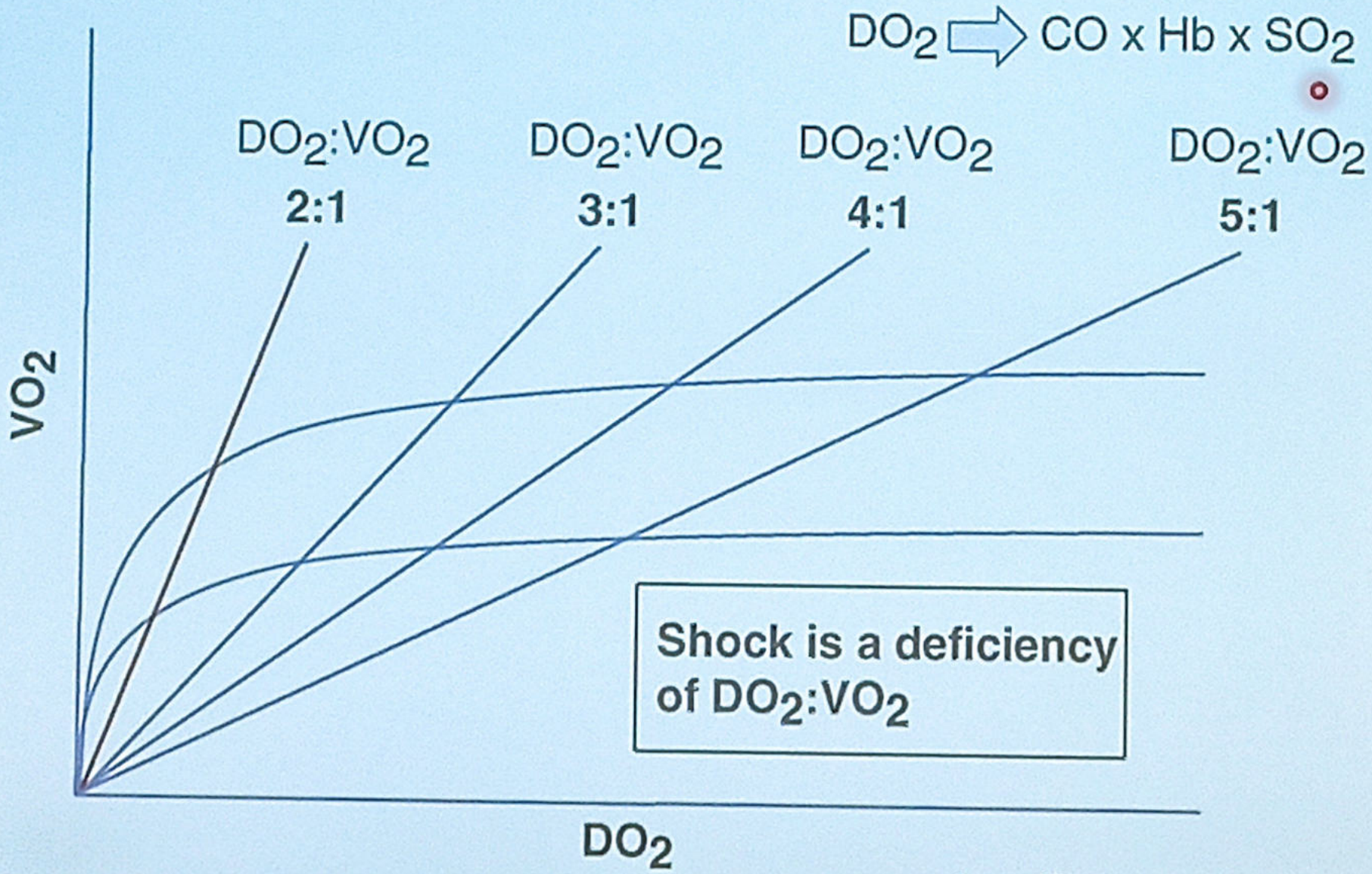
$$[CaO_2] = [Hb * 1.34 * SaO_2 + 0.003 * PaO_2]$$

$$[CaO_2 - CvO_2] = \frac{SV * HR}{*}$$

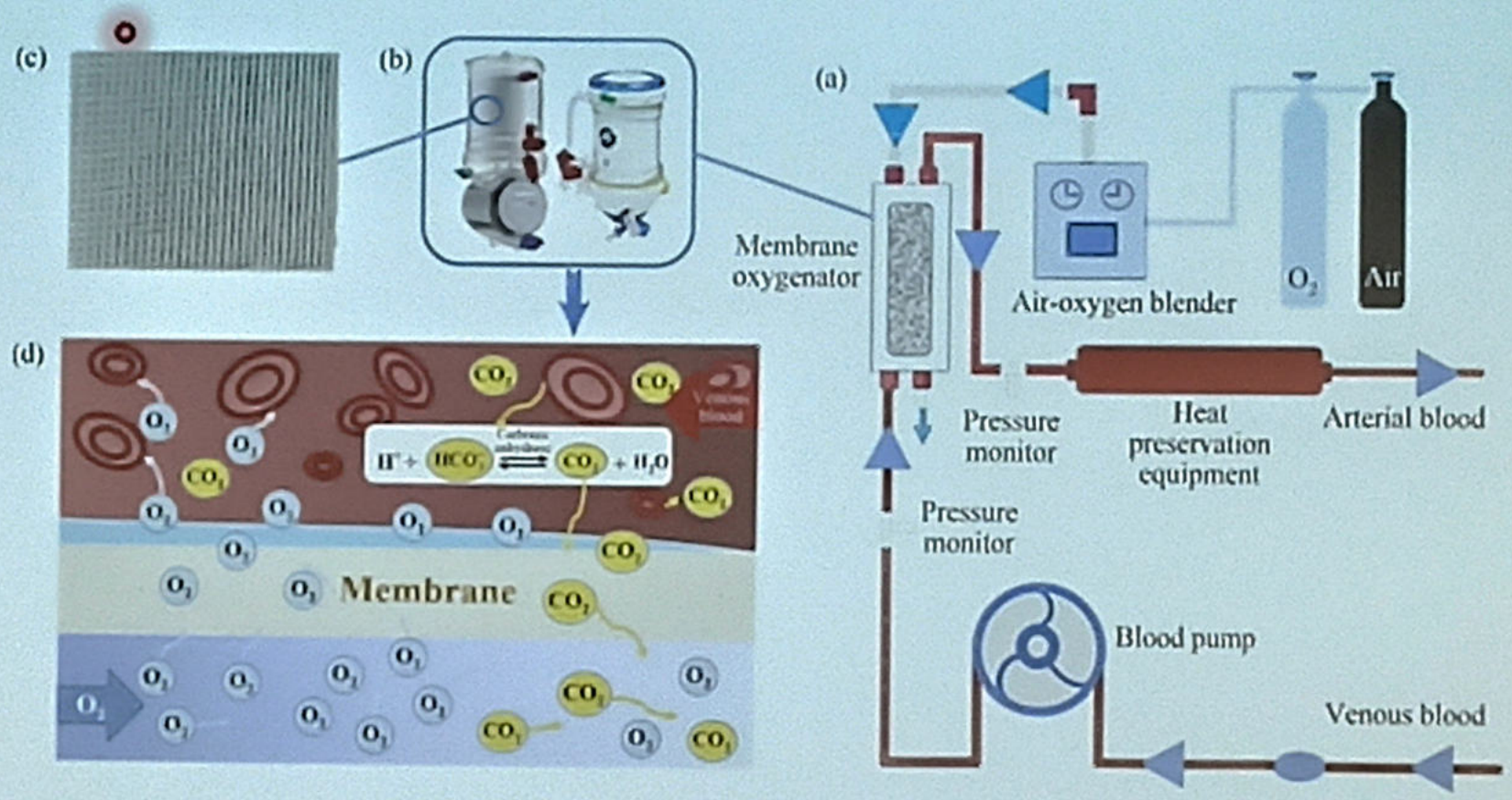
$$[CaO_2 - CvO_2] = [CaO_2 - (Hb * 1.34 * SvO_2 + 0.003 * PvO_2)]$$

n delivery and consumption. DO2, oxygen delivery; SV, stroke volume; HR, heart rate; Hb, hemoglobin; hemoglobin arterial oxygen saturation; PaO2, arterial oxygen partial pressure; CO, cardiac output; CaO2, l oxygen content, VO2; oxygen consumption, SvO2; hemoglobin mixed venous oxygen saturation; PvO2, s oxygen partial pressure; CvO2, venous oxygen content.

DOI:10.3389/fpubh.2014.00034



https://doi.org/10.1016/C2022-0-01013-8



https://doi.org/10.1016/C2022-0-01013-8

Основное показание: Гипоксемическая дыхательная недостаточность

PaO_2/FiO_2 < 80 мм рт. ст.

Более 3 часов

PaO_2/FiO_2 < 50 мм рт. ст.

Более 1 часа

Применение критериев после **оптимальной терапии ОРДС:**

- **Протективная ИВЛ:** дыхательный объём ~6 мл/кг идеальной массы тела, Pplat ≤ 32 см H_2O, PaO_2 ≥ 55 мм рт. ст.
- **Прон-позиция:** не менее 12 часов (при отсутствии противопоказаний).

Длительность ИВЛ до рассмотрения ЭКМО **не более 7 дней.**

Дегидратационная терапия

Critical Care

RESEARCH Open Access

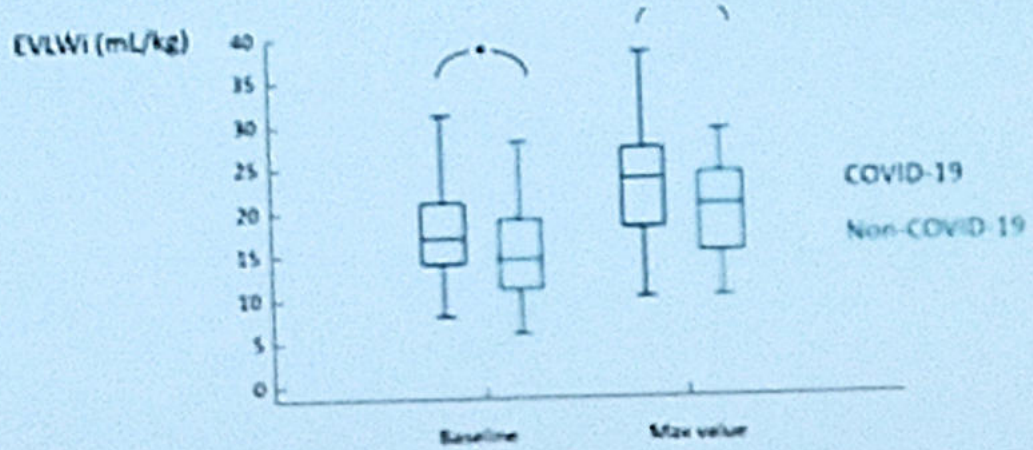
COVID-19 ARDS is characterized by higher extravascular lung water than non-COVID-19 ARDS: the PiCCOVID study

Rui Shi[1], Christopher Lai[2], Jean-Louis Teboul[2], Martin Dres[3,4], Francesca Moretto[1], Nello De Vita[1], Tai Pham[1,2], Vincent Bonny[2,4], Julien Mayaux[3,4], Rosanna Vaschetto[5], Alexandra Beurton[3,4] and Xavier Monnet[2*]

3 центра

60 Covid-19 ARDS vs.

60 non-Covid-10 ARDS



Дегидратационная терапия

Table 2 Comparison of respiratory and hemodynamic variables of COVID-19 and non-COVID-19 acute respiratory distress syndrome

Variables	COVID-19 (N = 60)	Non-COVID-19 (N = 60)	p value
Respiratory characteristics at baseline			
PaO_2/FiO_2 (mmHg)	129 (97–175)	138 (96–172)	0.578
TV (mL/kg PBW)	6.0 (5.7–6.1)	6.0 (5.7–6.3)	0.341
PEEP (cmH_2O)	13 (10–15)	12 (10–15)	0.243
Driving pressure (cmH_2O)	13 (11–15)	13 (9–17)	0.373
Crs (mL/cmH_2O)	31 (25–38)	31 (24–44)	0.469
Maximal/minimal values of respiratory characteristics during TPTD monitoring			
$PaO_2/FiO_{2\,min}$ (mmHg)	81 (70–109)	100 (80–124)	**0.024**
$PEEP_{max}$ (cmH_2O)	15 (12–16)	14 (12–16)	0.207
DP_{max} (cmH_2O)	16 (15–18)	16 (12–21)	0.497
Crs_{min} (mL/cmH_2O)	25 (21–28)	23 (16–36)	0.965
Hemodynamic variables and CRP at baseline			
CI ($L/min/m^2$)	2.8 (2.1–3.5)	2.8 (2.5–4.2)	0.115
GEDVI (mL/m^2)	728 (588–824)	696 (585–824)	0.559
EVLWI (mL/kg)	17 (14–21)	15 (11–19)	**0.029**
PVPI	3.5 (2.9–4.5)	2.8 (2.2–3.7)	**0.005**
GEF (%)	20 (15–24)	18 (15–23)	0.097
NE (μg/kg/min)	0.32 (0.13–0.63)	0.74 (0.49–1.45)	**<0.001**
Lactate (mmol/L)	1.6 (1.3–2.1)	2.2 (1.2–3.5)	**0.028**
CRP (mg/L)	218 (146–295)	248 (125–321)	0.458
Maximal/minimal values of hemodynamic variables and CRP during TPTD monitoring			
CI_{min} ($L/min/m^2$)	2.4 (2.0–2.8)	2.5 (2.0–3.0)	0.524
$GEDVI_{max}$ (mL/m^2)	634 (548–752)	600 (538–712)	0.278
$EVLWI_{max}$ (mL/kg)	24 (18–27)	21 (15–24)	**0.005**
$PVPI_{max}$	4.6 (3.8–5.7)	4.1 (3.3–4.8)	**0.006**
GEF_{min} (%)	16 (13–19)	15 (11–19)	0.258
NE_{max} (μg/kg/min)	0.51 (0.16–0.89)	1.01 (0.52–1.74)	**0.000**
$Lactate_{max}$ (mmol/L)	2.0 (1.6–2.7)	2.7 (2.1–4.3)	**0.001**
Fluid balance (mL/day)	1016 (235–1844)	1033 (436–1715)	0.989

Терапия “спасения” – прон-позиция

Critical Care

RESEARCH Open Access

Early prone positioning in acute respiratory distress syndrome related to COVID-19: a propensity score analysis from the multicentric cohort COVID-ICU network—the ProneCOVID study

Time between first symptoms and ICU admission (days), median (IQR)	9 (6–12)	9 (6–12)	9 (6–11)	0.273
Time between ICU admission and invasive mechanical ventilation (hours), median (IQR)	2.7 (0.7–9.7)	3 (0.7–16.8)	1.8 (0.4–6.3)	0.001
Concomitant bacterial pneumonia, n (%)	130 (6.3%)	93 (5.8%)	37 (7.7%)	0.143
Respiratory support received in ICU before intubation at Day-1, n (%)				
Oxygen therapy	220 (10.3%)	177 (10.8%)	43 (8.8%)	0.203
High-flow nasal cannula	143 (6.8%)	119 (7.3%)	24 (4.9%)	0.069
Non-invasive mechanical ventilation	61 (2.9%)	43 (2.3%)	18 (3.7%)	0.216
High-doses Corticosteroids using at Day-1 n (%)	227 (10.7%)	171 (10.5%)	56 (11.4%)	0.557
Invasive mechanical ventilation settings, median (IQR)				
PaO_2/FiO_2 (mmHg)	145.7 (101.7–200)	152.2 (107–205)	128.3 (87.5–177.5)	<0.0001
Tidal volume (mL)	415 (375–450)	418 (380–450)	400 (370–440)	0.0035
Tidal volume, mL/kg PBW	6.1 (5.8–6.7)	6.1 (5.8–6.7)	6.1 (5.8–6.5)	0.1326
Set PEEP (cmH_2O)	12 (10–14)	12 (10–14)	12 (10–14)	<0.0001
Plateau pressure (cmH_2O)	24 (21–27)	24 (21–27)	25 (22–28)	<0.0001
Driving pressure[1] (cmH_2O)	13 (10–17)	13 (10–17)	13.5 (11–17)	0.0345
Mechanical power[2] (J/min)	26.7 (18.9–35)	25.8 (18.4–33.6)	30.3 (21.3–39.1)	<0.0001
Ventilatory ratio[3] (J/min)	1.7 (1.4–2.2)	1.7 (1.4–2.1)	1.9 (1.5–2.4)	<0.0001
Static compliance[4] (mL/cmH_2O)	32.8 (26.3–41.7)	33.6 (26.9–42)	30.7 (24.1–39.9)	0.001
Dynamic compliance[5] (mL/cmH_2O)	16.7 (13.6–21)	17 (14.1–21.4)	15.2 (12.3–19.5)	<0.0001
Blood gas, median (IQR)				
pH	7.4 (7.3–7.4)	7.4 (7.3–7.4)	7.4 (7.3–7.4)	<0.0001
$PaCO_2$ (mmHg)	43 (37–49)	42 (37–48)	45 (40–52)	<0.0001
PaO_2/FiO_2 (mmHg)	145.7 (101.7–200)	152.2 (107–205)	128.3 (87.5–177.5)	<0.0001
	1106 (51.8%)	796 (48.4%)	310 (63.1%)	<0.0001

Стратегии подбора ПДКВ

- ARDS network таблица

FiO2	Standard PEEP*	High PEEP
0.3	5	5-14
0.4	5-8	14-16
0.5	8-10	16-20
0.6	10	20
0.7	10-14	20
0.8	14	20-22
0.9	14-18	22
1.0	18-24	22-24

*Used in the original ARDSnet trial.

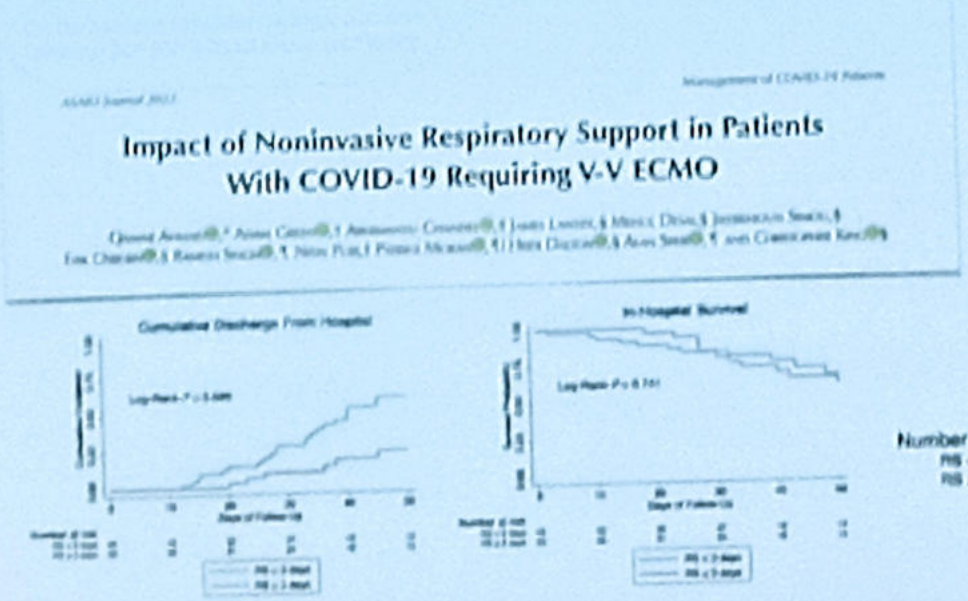
Стратегии подбора ПДКВ

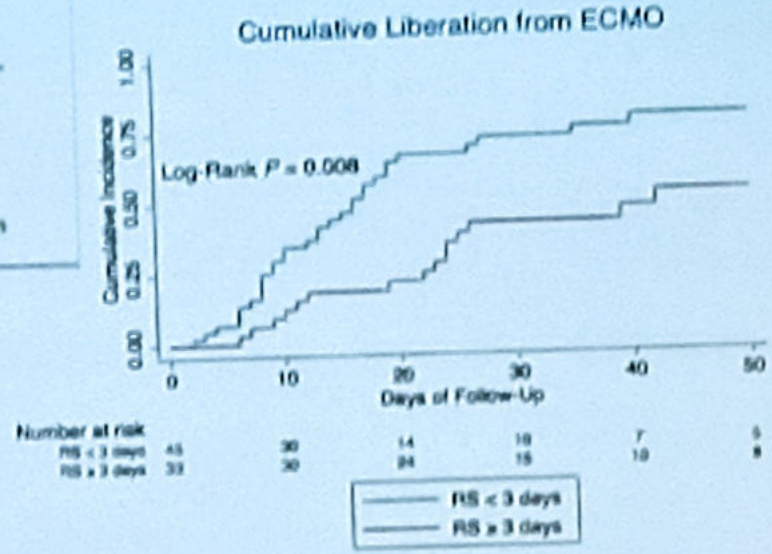
Титрование PEEP

- Титрование вверх
  - ↑ ПДКВ → Перерастяжение альвеол → Компрессия сосудов → ↑ вентиляции мертвого пространства → ↑pCO2
- Титрование вниз
  - ΔP

Стратегии подбора ПДКВ

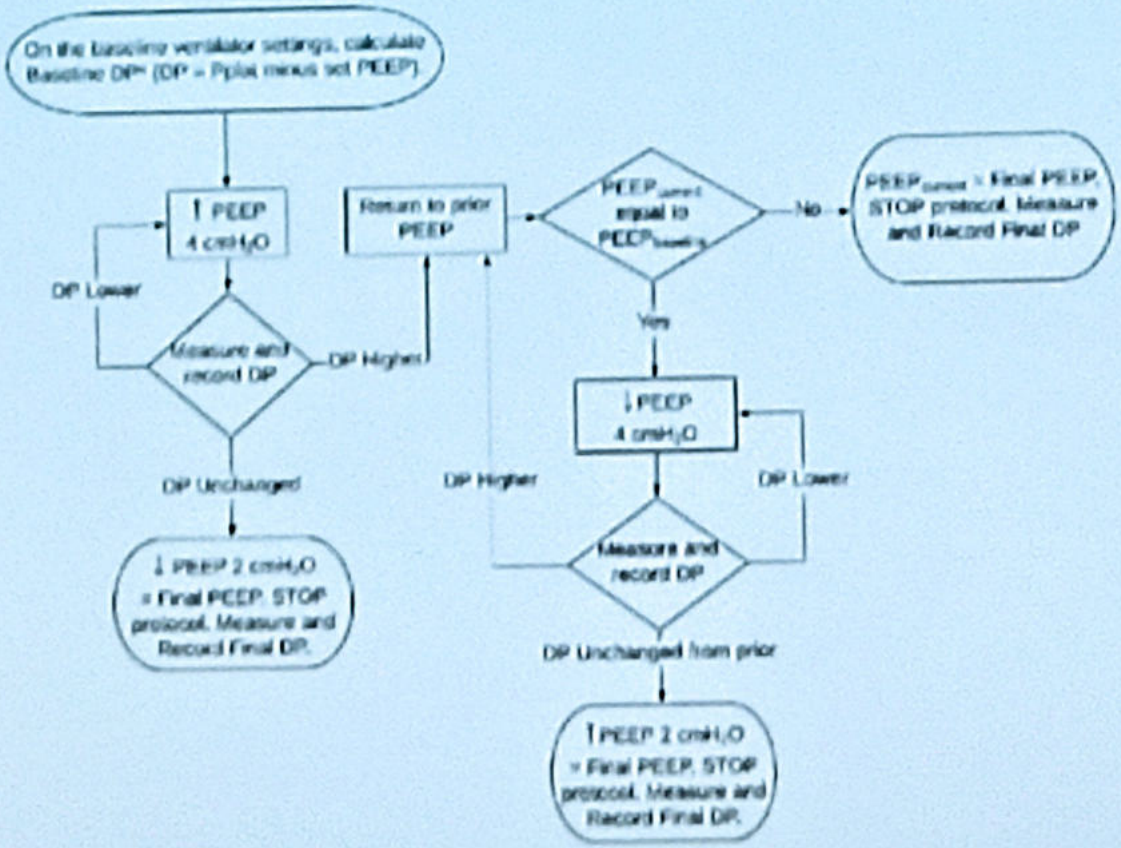
Титрование PEEP

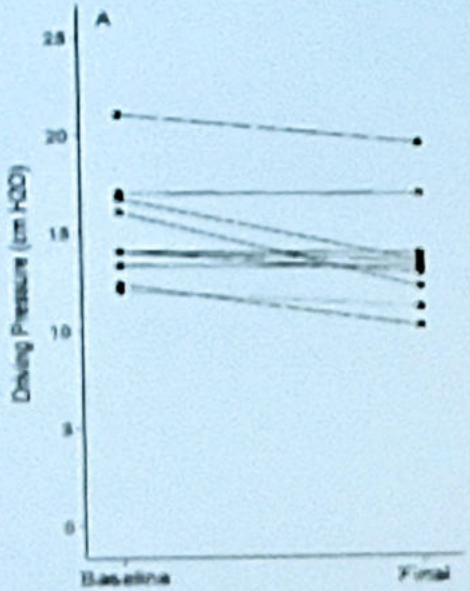




Стратегии подбора ПДКВ

Титрование PEEP





Sahetya et al. Respir Care

Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial

Giles J Peek, MD [a,b] · Prof Miranda Mugford, DPhil [c] · Ravindranath Tiruvoipati, FRCSEd [b] · Prof Andrew Wilson, MD [d] · Elizabeth Allen, PhD [e] · Mariamma M Thalanany, MSc [c] · Clare L Hibbert, PhD [f] · Ann Truesdale, BSc [e] · Felicity Clemens, MSc [e] · Nicola Cooper, PhD [d] · Richard K Firmin, MBBS [a,b] · Prof Diana Elbourne, PhD [e] · for the CESAR trial collaboration Show less

Показания для направления в центр ЭКМО

Тяжелая дыхательная недостаточность

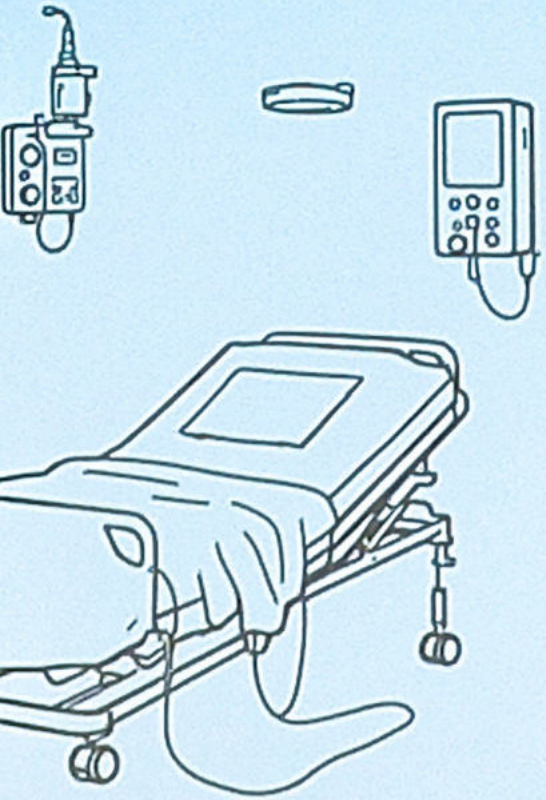
Оценка по шкале Мюррея (Murray Lung Injury Score) ≥ **3.0**, указывающая указывающая на серьезное повреждение легких.

Рефрактерная гиперкапния

Показатель pH < **7.20**, несмотря на оптимальную респираторную поддержку, свидетельствующий о невозможности адекватной вентиляции.

1. Chest roentgenogram score			3.PEEP score (when ventilated)		
No alveolar consolidation		0	PEEP	≤ 5 cm H2O	0
Alveolar consolidation confined to 1 quadrant		1	PEEP	6-8 cm H2O	1
Alveolar consolidation confined to 2 quadrant		2	PEEP	9-11 cm H2O	2
Alveolar consolidation confined to 3 quadrant		3	PEEP	12-14 cm H2O	3
Alveolar consolidation in all 4 quadrant		4	PEEP	≥ 15 cm H2O	4
2. Hypoxemia score			4. Respiratory system compliance score (when available)		
PaO_2/FiO_2	≥300	0	Compliance	≥80 ml/cmH2O	0
PaO_2/FiO_2	225-299	1	Compliance	60-79 ml/cmH2O	1
PaO_2/FiO_2	175-224	2	Compliance	40-59 ml/cmH2O	2
PaO_2/FiO_2	100-174	3	Compliance	20-39 ml/cmH2O	3
PaO_2/FiO_2	< 100	4	Compliance	≤ 19 ml/cmH2O	4

Критерии исключения



Возраст пациента

18 до 65 лет

Длительность ИВЛ

Менее 7 дней (FiO_2 > 0.8, Pplat > Pplat > 30 см H_2O)

Отсутствие абсолютных противопоказаний

- Высокий риск смерти в ближайшие 5 лет (сопутств патология)
- Терминальная стадия хронического заболевания
- Ограничение гепаринизации (кровотечение, ЧМТ)

Table 1. Indications/Contraindications for Adult VV ECMO

Common indications for venovenous extracorporeal membrane oxygenation

One or more of the following:

1) Hypoxemic respiratory failure (PaO_2/FiO_2 < 80 mm Hg)*, after optimal medical management, including, in the absence of contraindications, a trial of prone positioning.
2) Hypercapnic respiratory failure (pH < 7.25), despite optimal conventional mechanical ventilation (respiratory rate 35 bpm and plateau pressure [P_{plat}] ≤ 30 cm H_2O).
3) Ventilatory support as a bridge to lung transplantation or primary graft dysfunction following lung transplant.

Specific clinical conditions:

- Acute respiratory distress syndrome (*e.g.*, viral/bacterial pneumonia and aspiration)
- Acute eosinophilic pneumonia
- Diffuse alveolar hemorrhage or pulmonary hemorrhage
- Severe asthma
- Thoracic trauma (*e.g.*, traumatic lung injury and severe pulmonary contusion)
- Severe inhalational injury
- Large bronchopleural fistula
- Peri-lung transplant (*e.g.*, primary lung graft dysfunction and bridge to transplant)

Relative contraindications for venovenous extracorporeal membrane oxygenation

- Central nervous system hemorrhage
- Significant central nervous system injury
- Irreversible and incapacitating central nervous system pathology
- Systemic bleeding
- Contraindications to anticoagulation
- Immunosuppression
- Older age (increasing risk of death with increasing age, but no threshold is established)
- Mechanical ventilation for more than 7 days with P_{plat} > 30 cm H_2O and F_IO_2 > 90%

Трехэтапная оценка:

- **Определение группы риска:** Суммирование баллов за **Диагностическую группу** и **Клинические модификаторы**.
- **Проверка абсолютных противопоказаний:** Если присутствует хотя бы одно — ЭКМО не показана.
- **Оценка по итоговой схеме:** Определение вероятного исхода на основе итогового **балла риска (1-5)** и **возраста** пациента.

Благоприятные категории (Балл = 1)

- Внебольничная пневмония (инфекционная)
- Аспирационный пневмонит
- Астматический статус
- Первичная дисфункция трансплантата легкого (в первые 7 дней)
- ОРДС первично легочного генеза (исключая травму)

Категории высокого риска (Балл = 2)

- Деструктивная пневмония
- Легочный васкулит (Гудпасчера, АНЦА-ассоциированный и др.)
- Реципиент трансплантата легкого (7-30 дней после операции)
- ОРДС вследствие прямой травмы грудной клетки

Неблагоприятные категории (Балл = 3)

- Инвазивный аспергиллез
- Пневмоцистная пневмония (PCP)
- ОРДС внелегочного генеза (ожоги, панкреатит)
- Реципиенты трансплантата легкого (>30 дней), рассматриваемые на ретрансплантацию

Клинические модификаторы (Дополнительные баллы риска)

Хронические состояния (+1 балл):

- Заболевания периферических артерий
- ИБС в анамнезе, реваскуляризация
- Операции на клапанах, АКШ, аорте
- ХОБЛ средней тяжести (GOLD II)
- ХБП 3-4 ст. (СКФ 15-60)
- Хроническое заболевание печени
- Длительная иммуносупрессия

Острые состояния (+1 балл):

- Лактат ≥10 ммоль/л
- Норадреналин >1 мкг/кг/мин
- АСТ/АЛТ >1000 Ед/л или МНО >3.0
- Анурия >4 часов

Заболевания легких:

- Тяжелое хроническое заболевание легких (кроме кандидатов на трансплантацию)
- Фиброз легких как вероятная причина дыхательной недостаточности
- Системные заболевания с поражением легких в анамнезе (СКВ, склеродермия, саркоидоз и др.)
- Облитерирующий бронхиолит как причина ДН

Общий статус пациента:

- Возраст >75 лет
- Реципиенты костного мозга
- Терминальная стадия хр заболеваний
- Цирроз печени (Child-Pugh B/C), желтуха, асцит, энцефалопатия
- Тяжелое поражение головного мозга
- Тяжелое заболевание сердца, кардиомиопатия (требующая инотропов/VAD)
- ХБП 5 ст. или диализ

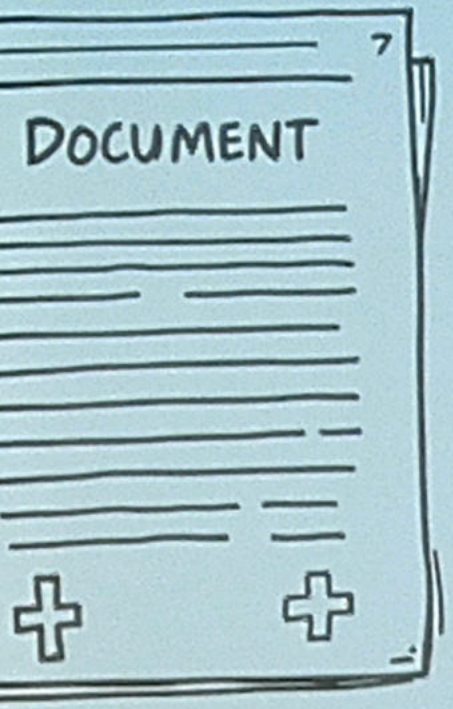
Острые состояния:

- Кардиогенный отек легких (рассмотреть ВА-ЭКМО, Impella)
- Септический шок с гипоксией, но без инфильтратов в легких
- Тяжелая недостаточность микроциркуляции (мраморность, пурпура)

Система оценки риска и прогноз

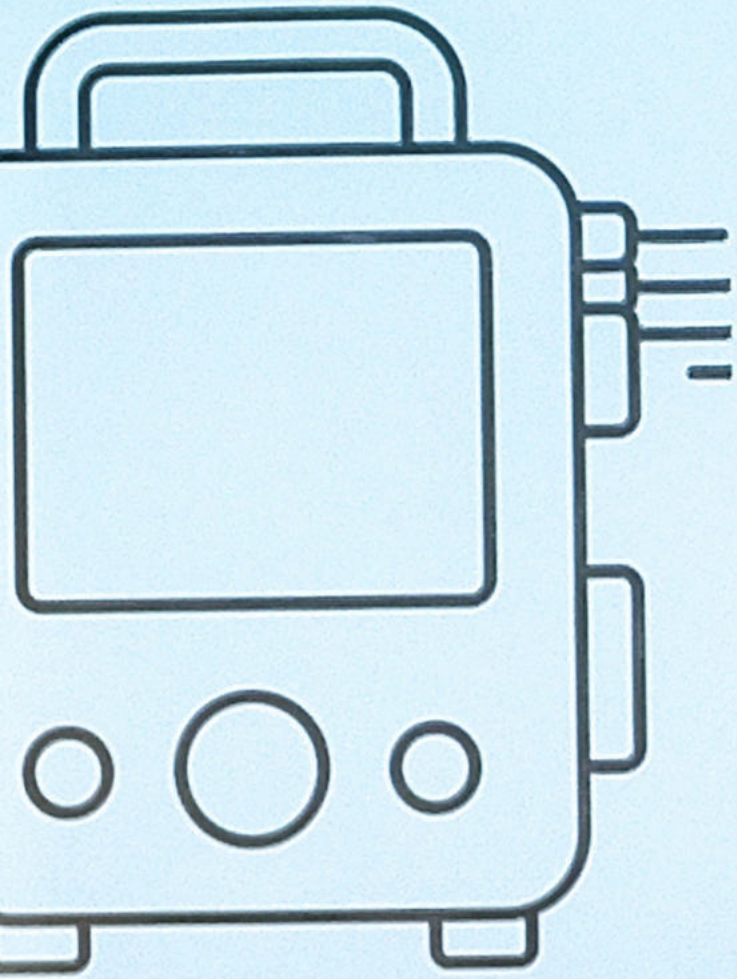
Итоговый балл риска (1-5) = Диагностическая группа (1-3) + Клинические модификаторы (0-2).

Возраст ↓	1-2	3	4	5
< 40 лет	ЗЕЛЕНЫЙ: Хороший ожидаемый исход	ЖЕЛТЫЙ: Неопределенный исход	КРАСНЫЙ: Плохой ожидаемый исход	КРАСНЫЙ: Плохой ожидаемый исход
40-54 года	ЗЕЛЕНЫЙ	ЖЕЛТЫЙ	КРАСНЫЙ	ЧЕРНЫЙ
55-64 года	ЖЕЛТЫЙ	КРАСНЫЙ	КРАСНЫЙ	ЧЕРНЫЙ
65-75 лет	КРАСНЫЙ	КРАСНЫЙ	ЧЕРНЫЙ	ЧЕРНЫЙ



Нормативная база: Приказ № 884 от 08.08.2017

Основные показания:



1

Рефрактерная гипоксемия

- **PaO_2/FiO_2 < 100** при FiO_2 > 0.9 (>6 часов)
- **PaO_2/FiO_2 < 150** при FiO_2 > 0.9 + два вазопрессора

2

Баротравма на фоне ИВЛ

- **PaO_2/FiO_2 < 150** при FiO_2 > 0.9
- + Тяжелые состояния (пневмоторакс, эмфизема, пневмомедиастинум)

3

Ключевой прогностический критерий

Возможная обратимость основной патологии

Основные противопоказания:

Условия, исключающие возможность проведения ЭКМО.

Длительность ИВЛ

Более 7 дней (FiO_2 >0.9, Pplat > 30 см H_2O)

Коагулопатия и риск кровотечения

- Тромбоцитопения (< 80×10^9/л)
- Выраженная иммуносупрессия (нейтрофилы < 0.5×10^9/л)
- **Внутричерепные кровоизлияния**

Неблагоприятный прогноз течения заболевания

- Некурабельное повреждение ЦНС
- Терминальные стадии онкологических заболеваний

Возрастной фактор

Пациент старше 65 лет

Алгоритм принятия решения и организация выезда бригады

01

Консилиум на месте

Анализ показаний/противопоказаний врачами учреждения.

02

Связь с Центром ЭКМО

Информирование ответственных лиц.

03

Заочная консультация

Предоставление данных обследований руководителю Центра.

04

Состав выездной бригады

Врач-анестезиолог-реаниматолог, перфузиолог, кардиохирург, медсестра.

05

Окончательное решение на месте

Бригада Центра проводит оценку и принимает решение.

Требования к транспортному средству для ЭКМО

Реанимобиль

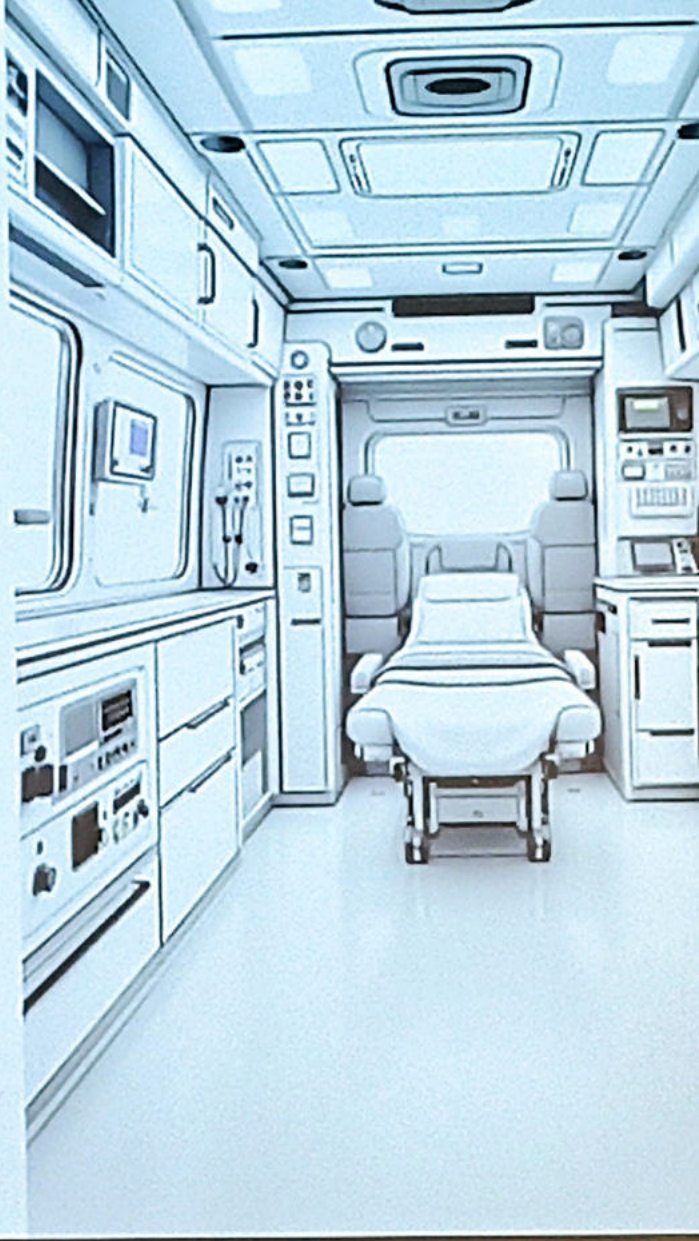
Необходим реанимобиль с большим салоном, способным вместить пациента, бригаду из 4 человек и весь комплект оборудования ЭКМО.

Электропитание

Требуется блок минимум из 6 розеток для подключения всей аппаратуры, включая сам аппарат ЭКМО, мониторы, инфузионные насосы.

Оборудование

Обязательно наличие дефибриллятора, аспиратора и достаточного запаса кислорода, рассчитанного на время транспортировки плюс 2 часа для обеспечения непрерывной поддержки дыхания.



Спасибо за внимание!

Махановский Иван Александрович +37533 610 21 72

Этиология кардиогенного шока

Острый инфаркт миокарда

1. >40% потеря массы левого желудочка
2. <40% потеря массы левого желудочка с аритмиями
3. Инфаркт миокарда правого желудочка
4. Механические осложнения инфаркта миокарда:
   - Отрыв папиллярной мышцы
   - Разрыв межжелудочковой перегородки
   - Разрыв свободной стенки желудочка

Острая декомпенсация сердечной недостаточности

- Хроническая сердечная недостаточность с декомпенсацией
- Острая сердечная недостаточность
  - При хронической ишемии
  - ДКМП
  - Миокардит
  - Стресс индуцированная кардиомиопатия (Такоцубо)
  - Беременность с перинатальной кардиомиопатией или ОКС
  - Эндокринные нарушения

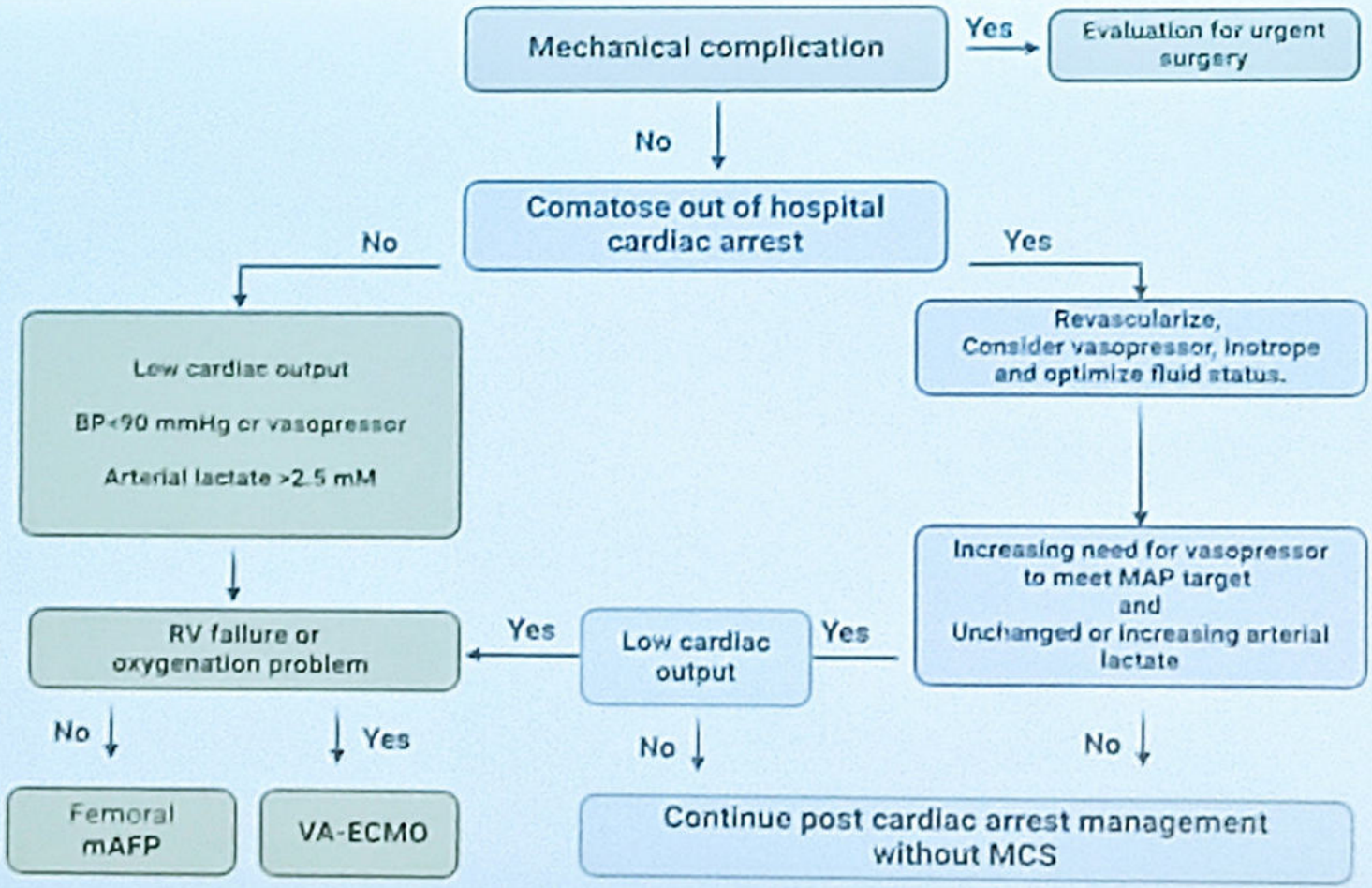
Посткардиотомный шок

Гемодинамический шок при обструкции легочной артерии (обструктивный шок)

Шок на фоне сепсиса

Контузия миокарда

AMI-CS and candidate for MCS after shock team evaluation



Выделяют четыре диагностических критерия кардиогенного шока.

1. **Артериальная гипотония продолжительностью более 30 минут, представленная хотя бы одним из следующих признаков:**

   1.1. артериальное систолическое давление (АДсис.) менее 90 мм рт. ст.

   1.2. необходимость в использовании инотропных препаратов и/или вазопрессоров для поддержания АДсис. на уровне выше 90 мм рт. ст. продолжительностью более 30 минут.

2. **Гипоперфузия тканей, представленная хотя бы одним из следующих признаков:**

   - 2.1. нарушенный ментальный статус,
   - 2.2. холодные липкие кожные покровы,
   - 2.3. олигоурия с темпом диуреза менее 30 мл/час,
   - 2.4. лактат артериальной крови выше 2 ммоль/л.

3. **Увеличенное давление наполнения левого желудочка, представленное хотя бы одним из следующих признаков:**

   3.1. давление заклинивания легочной артерии выше 18 мм рт. ст., оцененное при катетеризации легочной артерии или путем допплерографии трансмитрального потока при ЭхоКГ (время замедления волны «Е» не более 130 мс),

   3.2. конечно-диастолическое давление в левом желудочке, измеренное при катетеризации, более 20 мм рт. ст.,

   3.3. вновь возникшая или прогрессирующая легочная гипертензия.

4. **Шок вызван нарушениями со стороны сердца, представленными хотя бы одним из следующих признаков:**

   4.1. снижение насосной функции миокарда с падением фракции выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) менее 40% по данным вентрикулографии или ЭхоКГ.

   4.2. описанные выше структурные повреждения сердца, связанные с инфарктом миокарда.

Клинические рекомендации по кардиогенному шоку, 2024, РФ

Классификация кардиогенного шока

(определения стадий шока SCAI от A до E, соответствующие смертности общебольничной и в отделениях интенсивной терапии на каждой стадии шока)

- **Стадия А (риск развития КШ)** характеризуется наличием риска развития КШ **без его явных симптомов**, лабораторных и инструментальных признаков нарушений гемодинамики. Эта стадия присуща пациентам с анатомическими особенностями поражения коронарного русла (стволовое поражение левой коронарной артерии, многососудистое поражение) или с большим объемом повреждения миокарда, но еще **сохранной фракцией выброса левого желудочка**. Кроме того, на этой стадии находятся пациенты с предсуществующей ХСН, которая является фактором риска развития КШ при ОКС.
- **Стадия В (начало развития КШ, начальные проявления КШ).** Некоторые эксперты называют эту стадию «прешок», «компенсированный шок». К ней относят пациентов с относительной артериальной гипотензией или тахикардией **без проявлений гипоперфузии тканей**. Артериальная гипотензия определяется как АДсист. менее 90 мм рт. ст. или среднее АД менее 60 мм рт. ст., а также при снижении более чем на 30 мм рт. ст. от исходного артериального давления. Отсутствие проявлений гипоперфузии подтверждается обозначенными выше признаками. При физикальном обследовании могут быть обнаружены проявления умеренной объемной перегрузки. Лабораторные признаки гипоперфузии отсутствуют.

Клинические рекомендации по кардиогенному шоку, 2024, РФ

Кардиогенный шок, осложняющий острый коронарный синдром

Ранняя реваскуляризация с помощью ЧКВ или АКШ рекомендуется пациентам с ОИМ, осложненным кардиогенным шоком, на основании результатов исследования SHOCK (Should We Emergently Revascularize Occluded Coronaries for Cardiogenic Shock - Следует ли нам экстренно реваскуляризировать окклюзированные коронарные сосуды при кардиогенном шоке).

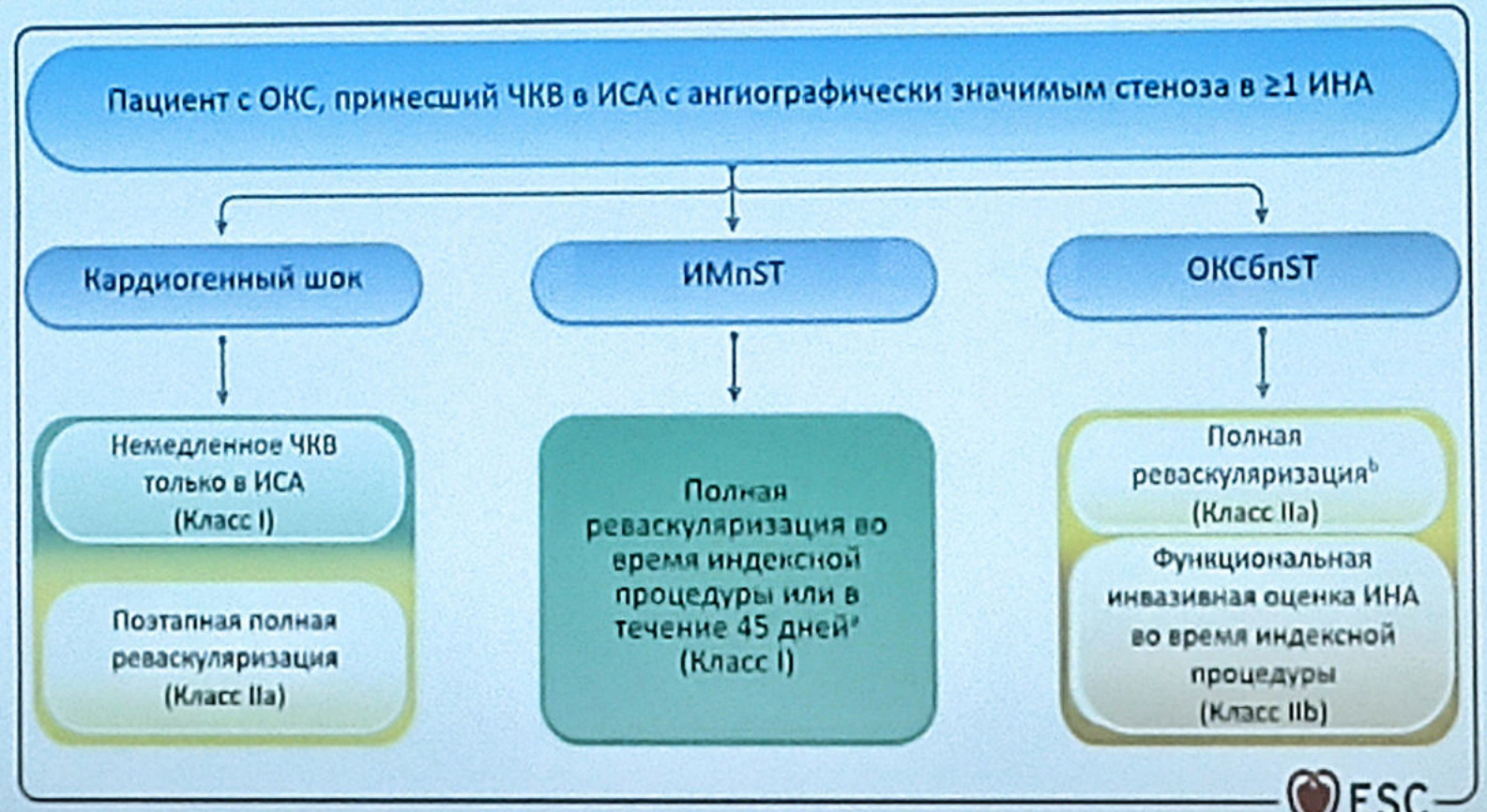
Хирургическая реваскуляризация представляет собой вариант лечения у пациентов, у которых попытка ЧКВ инфаркт-зависимой артерии оказалась неудачной или если анатомия коронарных артерий не поддается ЧКВ.

При наличии кардиогенного шока из-за механических осложнений, связанных с ОИМ, также может быть показано хирургическое или чрескожное лечение, а стратегия должна быть определена на основе обсуждения между членами кардиологической бригады

Recommendations for Revascularization in ACS With Cardiogenic Shock
Referenced studies that support recommendations are summarized in the Evidence Table.

COR	LOE	RECOMMENDATIONS
I	B-R	1. In patients with ACS and cardiogenic shock or hemodynamic instability, emergency revascularization of the culprit vessel by PCI or with CABG is indicated to improve survival, irrespective of time from symptom onset.[1-4]
[illegible]	B-R	2. In patients with ACS complicated by cardiogenic shock, routine PCI of a noninfarct-related artery at the time of PPCI should not be performed because of the higher risk of death or renal failure.*[5-7]

Алгоритм ведения пациентов с ОКС и многососудистой ИБС:



Robert A. Byrne et al, 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes (European Heart Journal, 2023 - doi:10.1093/eurheartj/ehad191)

Рекомендации при кардиогенном шоке

Рекомендации	Класс доказательности	Уровень доказательности
Немедленная коронарография и ЧКВ инфаркт-зависимой артерии (при наличии показаний) рекомендуются пациентам с кардиогенным шоком, осложняющим ОКС. [394,396,404]	I	B
Экстренное АКШ рекомендуется при кардиогенном шоке, связанном с ОКС, если ЧКВ инфаркт-зависимой артерии неосуществимо/неуспешно. [394,395]	I	B
В случаях гемодинамической нестабильности рекомендуется экстренное хирургическое/катетерное лечение механических осложнений ОКС, согласно обсуждения кардиологической бригадой.	I	C
Фибринолиз следует рассмотреть у пациентов с ИМпST с кардиогенным шоком, если стратегия первичного ЧКВ недоступна в течение 120 минут с момента диагностики ИМпST и исключены механические осложнения. [184,354]	IIa	C
У пациентов с ОКС и тяжелым/рефрактерным кардиогенным шоком можно рассмотреть возможность кратковременной механической поддержки кровообращения. [402]	IIb	C
Рутинное использование ВАБК у пациентов с ОКС с кардиогенным шоком без механических осложнений не рекомендуется. [399,405–407]	III	B

Recommendations for MCS in Patients With ACS and Cardiogenic Shock
Referenced studies that support recommendations are summarized in the Evidence Table.

COR	LOE	RECOMMENDATIONS
IIa	B-R	1. In selected* patients with STEMI and severe or refractory cardiogenic shock, insertion of a microaxial intravascular flow pump is reasonable to reduce death.[1]
IIa	B-NR	2. In patients with mechanical complication of ACS, short-term MCS devices are reasonable for hemodynamic stabilization as a bridge to surgery.[2-4]
III: No Benefit	B-R	3. In patients with AMI and cardiogenic shock, the routine use of intra-aortic balloon pump (IABP) or venoarterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) is not recommended due to a lack of survival benefit.[5-9]

Рекомендации по ведению пациентов с многососудистым поражением

Рекомендации	Класс доказательности	Уровень Доказательности
Стратегию реваскуляризации (ЧКВ инфаркт-зависимой артерии, многососудистое ЧКВ/АКШ) рекомендуется основывать на клиническом статусе пациента и сопутствующих заболеваниях, а также сложности его заболевания, в соответствии с принципами ведения реваскуляризации миокарда. [480,481]	I	B
Мультифокальное поражение у пациентов с ОКС с кардиогенным шоком		
Во время первичного ЧКВ рекомендуется выполнять только ЧКВ инфаркт-зависимой артерии. [404,505]	I	B
При отсутствии инфаркт-зависимой артерии следует рассмотреть возможность поэтапного ЧКВ[1].	IIa	C
Мультифокальное поражение у гемодинамически стабильных пациентов с ИМпST, перенесших первичное ЧКВ		
Полную реваскуляризацию рекомендуется проводить либо во время процедуры первоначального ЧКВ, либо в течение 45 дней. [508–511,531]	I	A
Рекомендуется, чтобы ЧКВ не инфаркт-зависимой артерии основывалось на ангиографической тяжести. [511,524]	I	B
Инвазивная эпикардиальная функциональная оценка невиновных сегментов инфаркт-зависимой артерии не рекомендуется во время первичной процедуры.	III	B
Мультифокальное поражение у гемодинамически стабильных пациентов с ОКСбпST, перенесших ЧКВ		
У пациентов с ОКСбпST и мультифокальным поражением следует рассмотреть возможность полной реваскуляризации, предпочтительно во время первичной процедуры. [513,514]	IIa	C
Можно рассмотреть возможность функциональной инвазивной оценки тяжести не инфаркт-зависимой артерии во время первичной процедуры. [518,527,528,532]	IIb	B

Механические осложнения инфаркта миокарда

Использование временной механической поддержки кровообращения при механических осложнениях либо для улучшения предоперационного клинического/гемодинамического статуса, либо в профилактических целях представляет собой новую тенденцию в лечении.

В настоящее время **хирургическое вмешательство считается методом выбора для пациентов с ОКС и механическими осложнениями**, хотя чрескожные стратегии иногда используются у отдельных пациентов с высоким профилем риска или противопоказаниями к хирургическому вмешательству.

Междисциплинарный подход к ведению этих пациентов имеет первостепенное значение и должен применяться на всех этапах лечения, от начальной стабилизации состояния пациента до обсуждения и применения терапевтической стратегии, включая паллиативную помощь. **Пациентам с механическими осложнениями, связанными с ОКС, следует рассмотреть возможность применения ВАБК в ожидании операции.**

9.1. Mechanical Complications

Recommendations for Mechanical Complications
Referenced studies that support recommendations are summarized in the Evidence Table.

COR	LOE	RECOMMENDATIONS
I	C-EO	1. Patients with a mechanical complication of ACS should be managed in a facility with cardiac surgical expertise.
2a	B-NR	2. In patients with a mechanical complication of ACS, short-term MCS devices are reasonable for hemodynamic stabilization as a bridge to surgery.[1-3]

Рекомендации по применению кратковременной МПК у пациентов с кардиогенным шоком

Рекомендации	Класс	Уровень
Краткосрочные МПК следует рассматривать у больных с кардиогенным шоком как «мост» к восстановлению, «мост» к решению, «мост» к мосту. Дополнительные показания включают лечение причины кардиогенного шока, длительную МПК или ТС.	IIa	C
ВАБК можно рассматривать у пациентов с кардиогенным шоком как «мост» к восстановлению, «мост» к решению, «мост» к мосту, включая лечение причины кардиогенного шока (т.е. механического осложнения острого ИМ) или длительную МПК или ТС.	IIb	C
ВАБК обычно не рекомендуется при кардиогенном шоке после ИМ	III	B

McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al.; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. Eur Heart J. 2021;42(36):3599-726. doi:10.1093/eurheartj/ehab368

Эволюция представлений о МПК

- В последнее время при использовании различных модальностей МПК, таких как **ВАБК, веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА ЭКМО) и трансклапанная аксиальная помпа**, подходы к лечению КШ существенно изменились.
- Согласно японской базе данных, содержащей 160 559 пациентов за это десятилетие, распространенность использования только ВАБК значительно снизилась с 80,5 % в 2010 г. до 65,3 % в 2020 г. ($p < 0,001$), тогда как распространенность аксиальных насосов и ЭКМО значительно увеличилась от 0,0 % до 5,0 % и от 19,5 % до 29,6 % соответственно ($p < 0,001$ для обоих).
- Необходимо правильно выбирать и использовать одно устройство или их комбинацию, основываясь на понимании характеристик каждого устройства с точки зрения поддержки кровообращения и разгрузки левого желудочка и адаптировать их к состоянию отдельных пациентов.

Основные показания для имплантации системы ВА ЭКМО при КШ

- **снижение сердечного индекса менее 2,2 л/мин/м2,**
- **клинические признаки гипоперфузии** (нарушение ментального статуса, симптом бледного пятна более 3 сек, снижение диуреза менее 30 мл/ч, систолическая артериальная гипотензия менее 90 мм рт. ст., средняя артериальная гипотензия менее 60 мм рт. ст.) при проведении комбинированной вазопрессорной, инотропной поддержки и корригированном волемическом статусе,
- **повышение уровня лактата** артериальной крови более 5 ммоль/л,
- снижение центральной венозной сатурации менее 55%.

Клинические рекомендации по кардиогенному шоку, 2024, РФ

Противопоказаниями к применению ВА ЭКМО при КШ

- **Быстро обратимые причины КШ** (например, дренирование полости перикарда при тампонаде, дренирование напряженного пневмоторакса, применение антиаритмической и электроимпульсной терапии при угрожающих аритмиях, временная электрокардиостимуляция при развитии AV-блокады);
- случаи когда применение ВА ЭКМО не приведет к улучшению качества жизни и при **состояниях, несовместимых с выздоровлением** (например, при необратимом поражении центральной нервной системы, тяжелой полиорганной недостаточности с оценкой по шкале SOFA более 14 баллов, когда отсутствует возможность дальнейшего лечения, включая трансплантацию);
- **невозможность сосудистого доступа** для имплантации системы ЭКМО вне специализированной медицинской организации вследствие периферического поражения артериального русла или расслаивающей аневризмы аорты.
- отдельным противопоказанием, которое можно считать относительным, является **противопоказание для антикоагулянтной терапии** как вследствие геморрагического синдрома, так и указаний на гепарин-индуцированную тромбоцитопению в анамнезе.

Клинические рекомендации по кардиогенному шоку, 2024, РФ

мендации по интенсивной терапии ЛГ

Рекомендации	Класс рекомендаций	Уровень доказательности
У пациентов ЛГ с частотой сердечных сокращений >110 ударов/мин, гипотонией (систолическое АД <90 мм рт. ст.), олигурией, повышенным уровнем лактата рекомендуется рассмотреть госпитализацию в отделение интенсивной терапии [5,184,185].	IIa	C
Рекомендуется рассмотреть постановку центрального венозного катетера пациентам с тяжелой ЛАГ для контроля центрального венозного давления при проведении инфузионной терапии и адекватного дозирования петлевых диуретиков, для оценки сатурации кислорода в смешанной венозной крови, характеризующей сердечный выброс и оксигенацию органов/тканей [22,184].	IIa	C
Рекомендуется рассмотреть проведение КПОС для мониторирования состояния пациентов с тяжелой правожелудочковой сердечной недостаточностью [5,9,14,22,184,185].	IIa	C
Рекомендуется рассмотреть возможность назначения инотропных препаратов (добутамин, левосимендан) для оптимизации сердечного выброса и диуреза у пациентов с тяжелой ЛГ [5,184,185].	IIb	B
Рекомендуется назначение вазопрессоров у пациентов с системной гипотензией для коррекции гемодинамических нарушений [5,22,185].	I	C
Рекомендуется рассмотреть возможность назначения норэпинефрина пациентам с ЛГ для коррекции системной гипотензии и нарушений перфузии жизненно важных органов, рефрактерных к другим инотропным препаратам [5,12].	IIb	B
Рекомендуется рассмотреть возможность назначения ингаляционного оксида азота или илопроста для уменьшения постнагрузки правого желудочка у пациентов с ЛГ [5,12, 184,185].	IIb	B
Рекомендовано рассмотреть возможность применения вено-артериальной ЭКМО в качестве временной поддержки перед трансплантацией лёгких или при ожидаемом разрешении триггера клинического ухудшения ЛГ у пациентов с рефрактерной правожелудочковой сердечной недостаточностью на фоне максимально возможной ЛАГ-специфической терапии [2,5,9,22, 184,185].	IIb	B
Не рекомендовано применение методов механической поддержки при невозможности устранения причины декомпенсации ЛАГ или выполнения экстренной трансплантации лёгких [185].	III	C

...(2023). Евразийский Кардиологический Журнал. Февраль 2024;(1):6-85. https://doi.org/10.38109/2225-1685-2024-1-6-85

Трансплантация лёгких или комплекса сердце-легкие

Пациенты ЛАГ/ **неоперабельной ХТЭЛГ** с высоким риском фатального исхода должны включаться в **лист ожидания трансплантации комплекса сердце-легкие или билатеральной трансплантации лёгких** при назначении тройной комбинированной специфической терапии.

Пациенты ЛАГ с промежуточным или высоким риском, с клиническим ухудшением, несмотря на максимально возможную ЛАГ-специфическую терапию, нуждаются в своевременной консультации трансплантолога для включения в лист ожидания трансплантации лёгких или комплекса сердце-легкие.

В настоящее время операцией выбора является **билатеральная трансплантация лёгких или трансплантация комплекса сердце-легкие.**
В лист ожидания не включаются пациенты с ожидаемой продолжительностью жизни **менее одного года** при ФК III-IV (ВОЗ) с недавно развившимся ухудшением в виде тяжелой одышки или гемодинамической нестабильности.
Веноартериальная ЭКМО может применяться у пациентов в терминальной стадии заболевания, **ожидающих трансплантации.**

Евразийские рекомендации по диагностике и лечению лёгочной гипертензии (2023). Евразийский Кардиологический Журнал. Февраль 2024;(1):6-85, https://doi.org/10.38109/2225-1685-2024-1-6-85

Диагностически значимые критерии дебюта миокардита под маской ОКС

Клинический сценарий	Типичная клиническая картина
Миокардит под маской ОКС	Острая боль в груди: — часто начинается через 1-4 нед. после возникновения респираторной или кишечной инфекции — часто ассоциируется с выраженными и рецидивирующими симптомами миокардита — отсутствует ангиографическое подтверждение КБС
	Изменение интервала ST и зубца T на ЭКГ: — подъем или депрессия сегмента ST — инверсия зубца T
	Изменение на ЭхоКГ или МРТ: — с/без нарушения глобальной или очаговой сократимости или дисфункцией левого/правого желудочка по данным ЭхоКГ или МРТ
	Изменение уровня тропонинов T и I в крови: — с/без повышения уровня тропонинов T и I в крови — повышение уровня тропонинов T и I может быть как временным (как при остром инфаркте миокарда), так и длительным, в течение нескольких недель или месяцев

2023 ESC Guidelines for the management of myocarditis and pericarditis

Клиническая стратификация риска для руководства лечением воспалительного миоперикардиального синдрома

	Высокий риск	Промежуточный риск	Низкий риск
Миокардит	Острая сердечная недостаточность/кардиогенный шок	Новая/прогрессирующая одышка	Стабильные симптомы или малосимптомные пациенты
	Одышка, резистентная к медикаментозной терапии	Непродолжительные желудочковые аритмии	
	Остановка сердца/обморок	Постоянное или повторное увеличение уровня тропонина	
	Фибрилляция желудочков/длительная желудочковая тахикардия		
	АВ-блокада высокой степени		
	Критерии визуализации:		
	• Недавно выявленное снижение ФВЛЖ (<40%)	сниженная ФВЛЖ (41-49%)	Сохраненная ФВЛЖ (≥50%)

Миокардиты. Клинические рекомендации 2025. Российский кардиологический журнал. 2025;30(8):5458.

Общие принципы и тактика ведения пациентов с острым миокардитом и нестабильной гемодинамикой

- **При верификации у пациентов с острым миокардитом признаков кардиогенного шока/дыхательной недостаточности необходимо немедленно начать мероприятия по гемодинамической или респираторной поддержке.** Для стабилизации гемодинамических параметров или обеспечения адекватной вентиляции, что предотвращает дальнейшее ухудшение состояния и развитие осложнений
- **Катетеризация магистральных сосудов** (Катетеризация подключичной и других центральных вен) и инвазивный контроль параметров гемодинамики показаны пациентам с острым миокардитом только при кардиогенном шоке или рефрактерной к терапии недостаточности кровообращения и невозможности устранения симптомов.
- **Определение уровня натрийуретических пептидов** (Исследования уровня NT-proBNP) и анализ последующей динамики обязательны. При уровне NT-proBNP <300 пг/мл недостаточность кровообращения, обусловленная острым миокардитом, практически невероятна. Однако следует помнить, что **низкий уровень NTproBNP может свидетельствовать о крайне тяжелом (терминальном) состоянии пациента с острым миокардитом** либо присоединении правожелудочковой недостаточности, например после тромбоэмболии легочной артерии.

Миокардиты. Клинические рекомендации 2025. Российский кардиологический журнал. 2025;30(8):6458.

Общие принципы и тактика ведения пациентов с острым миокардитом и нестабильной гемодинамикой

Пациенты с **молниеносным (фульминантным) острым миокардитом** и нестабильными гемодинамическими показателями должны наблюдаться в реанимационных отделениях, оснащенных необходимым оборудованием для проведения ИВЛ, ЭКМО, вспомогательного кровообращения и ЭМБ.

Оборудование для механической поддержки гемодинамики или ЭКМО необходимо использовать либо до момента стабилизации состояния пациента, либо до момента трансплантации сердца.

Подключение аппарата вспомогательного кровообращения или проведение процедуры ЭКМО позволяет спасти жизнь или выиграть время, необходимое для решения вопросов, связанных с трансплантацией сердца.

Миокардиты. Клинические рекомендации 2025. Российский кардиологический журнал. 2025;30(8):6458.

Клинико-морфологическая классификация миокардита E.B. Lieberman, et al. (1991)

Клиническая характеристика	Клиническая форма миокардита			
	Молниеносные	Подострые	Хронически активные	Хронически персистирующие
Начало заболевания	Четко очерченное начало заболевания в течение 2 нед.	Менее отчетливое начало заболевания по сравнению с молниеносной формой миокардита	Нечетко очерченное начало заболевания	Нечетко очерченное начало заболевания
Данные эндомиокардиальной биопсии	Множественные очаги активного воспаления	У большинства пациентов слабовыраженное воспаление. Активный и пограничный миокардит у 80% и 20% пациентов, соответственно	Активный или пограничный миокардит	Длительное сохранение воспалительной инфильтрации в миокарде в сочетании с некрозом миоцитов
Выраженность дисфункции ЛЖ	Снижение ФВ ЛЖ в отсутствие дилатации ЛЖ	Снижение ФВ ЛЖ и дилатация ЛЖ	Умеренное снижение функции ЛЖ	Отсутствие дисфункции желудочков
Исход	В течение 2 нед. или наступает смерть, или полное выздоровление с восстановлением структуры и функции миокарда	Высокая частота трансформации в ДКМП	Формирование рестриктивной КМП обычно в течение 2-4 лет от начала заболевания	В целом прогноз благоприятный

Миокардиты. Клинические рекомендации 2025. Российский кардиологический журнал. 2025;30(8):6458.

Рекомендации по лечению пациентов с прогрессирующей СН

Рекомендации	Класс	Уровень
Пациенты, рассматриваемые для долгосрочного МПК, должны иметь хороший комплаенс, соответствующие возможности для обращения с устройствами и психосоциальную поддержку	I	C
ТС рекомендуется пациентам с прогрессирующей СН, рефрактерным к медикаментозной/аппаратной терапии и не имеющим абсолютных противопоказаний.	I	C
Долговременную МПК следует рассматривать у пациентов с далеко зашедшей СНнФВ, несмотря на оптимальную медикаментозную терапию и имплантацию устройств, у которых нет показаний для ТС или других хирургических вмешательств, а также у пациентов без тяжелой правожелудочковой СН, чтобы снизить риск смерти и улучшить симптомы	IIa	A
Долговременную МПК следует рассматривать у пациентов с прогрессирующей СНнФВ, рефрактерной к оптимальной медикаментозной и аппаратной терапии, в качестве моста к ТС для улучшения симптомов, снижения риска госпитализации по поводу СН и риска преждевременной смерти	IIa	B

Клинические проявления ОСН

	Острая декомпенсация сердечной недостаточности	Острый отек легких	Изолированная правожелудочковая недостаточность	Кардиогенный шок
Основные механизмы	Дисфункция ЛЖ Задержка натрия и воды почками	Повышенная постнагрузка и/или преобладающая диастолическая дисфункция ЛЖ Клапанная болезнь сердца	Дисфункция ЛЖ и/или прекапиллярная легочная гипертензия	Тяжелая сердечная дисфункция
Основные клин. проявления	Влажный и теплый или влажный и холодный	Мокрый и теплый	Сухой и холодный или Мокрый и холодный	Мокрый и холодный
Основное лечение	Диуретики Инотропные средства/вазопрессоры (при периферической гипоперфузии/гипотензии) Краткосрочная МПК или ЗПТ при необходимости	Диуретики Вазодилататоры	Диуретики при периферических застойных явлениях Инотропные средства/вазопрессоры (при периферической гипоперфузии/гипотензи и) Кратковременная МПК или ЗПТ при необходимости	Инотропные средства/вазопрессоры Краткосрочная МПК ЗПТ

Рекомендации по перинатальной кардиомиопатии

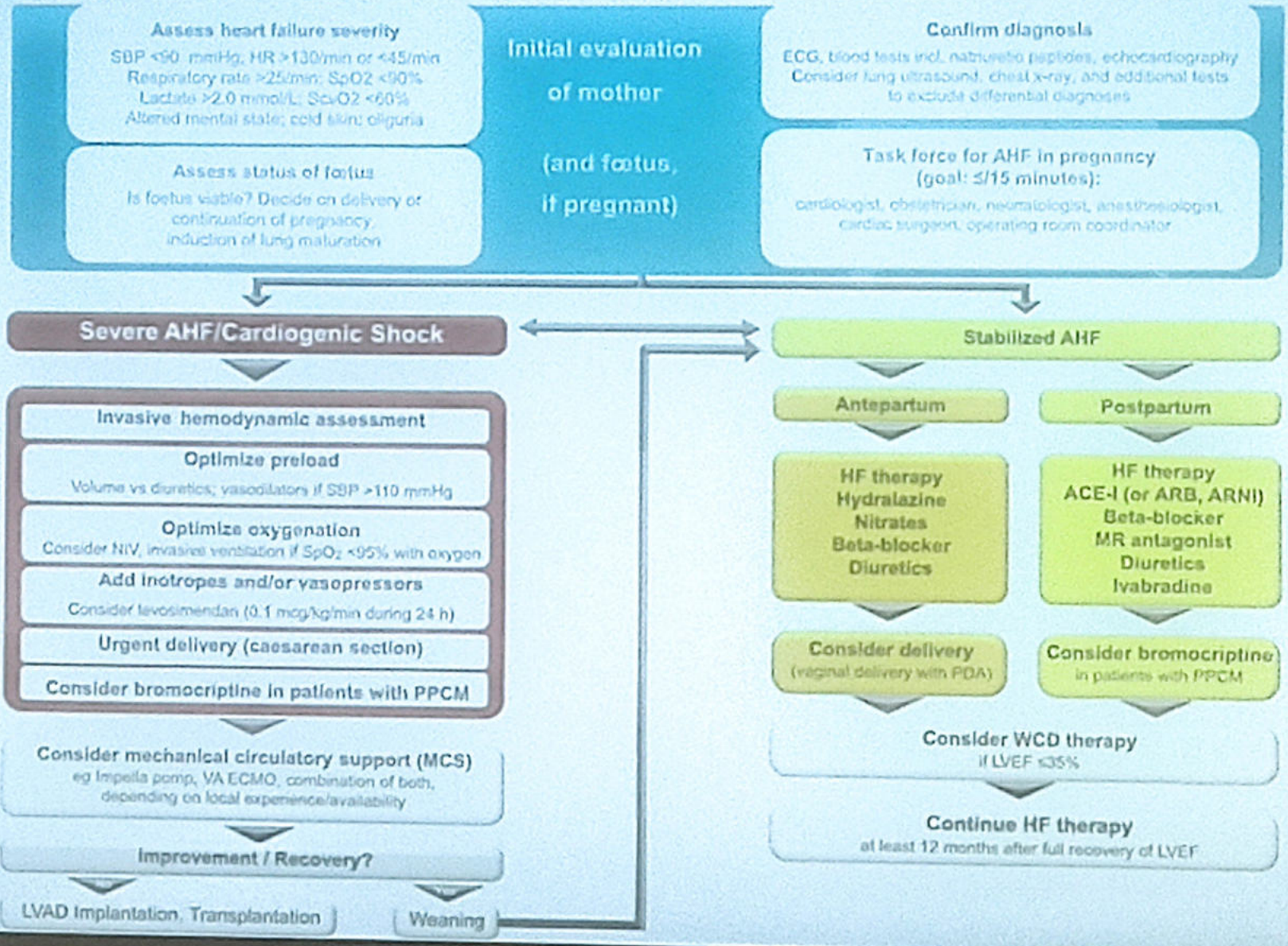
Рекомендации	Класс	Уровень
Консультирование женщин с ПКМП по поводу риска рецидива при последующей беременности и по поводу контрацепции рекомендуется во всех случаях, даже после восстановления функции ЛЖ (ФВ ЛЖ >50%).	I	C
Следует рассмотреть возможность добавления по крайней мере **профилактического лечения ИМГ к лечению бромокриптином у женщин с ПКМП.**	IIa	C
Женщинам с ПКМП следует рассмотреть возможность генетического консультирования и тестирования.	IIa	C
При предположении об обратимом течении СН следует рассмотреть возможность лечения в соответствии с рекомендациями по лечению СН в течение как минимум 12 месяцев после полного восстановления ЛЖ (нормализации объемов ЛЖ и ФВ).	IIa	C
Лечение бромокриптином можно рассматривать в дополнение к оптимальному лечению СН для улучшения восстановления функции ЛЖ у женщин с ПКМП.	IIb	B
Применение кардиовертер-дефибриллятора может быть рассмотрено у женщин с ПКМП и фракцией выброса левого желудочка <35%.	IIb	C

European Heart Journal (2025) 46, 4462–4568; https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaf193

Рекомендации по ишемической болезни сердца и беременности

Рекомендации	Класс	Уровень
У беременных женщин с болью в груди рекомендуется исключить опасные для жизни сердечно-сосудистые заболевания, включая ТЭЛА, ОКС (включая спонтанное расслоение коронарной артерии) и острый аортальный синдром.	I	C
Беременным женщинам с ОКС рекомендуется оказывать такую же помощь, как и небеременным, включая диагностические исследования и вмешательства.	I	C
Низкие дозы АСК рекомендуются в качестве предпочтительного антиагрегантного средства во время беременности и лактации, когда показана монотерапия антиагрегантами.	I	B
Если необходима двойная антитромбоцитарная терапия, в качестве предпочтительного ингибитора P2Y12 во время беременности рекомендуется клопидогрел.	I	C
Продолжительность двойной антитромбоцитарной терапии (аспирин и клопидогрел) у беременных женщин, перенесших имплантацию коронарного стента, рекомендуется такая же, как и у небеременных женщин, с индивидуальным подходом, учитывающим ишемический риск и риск кровотечения, связанного с родами.	I	C
У большинства беременных женщин с ОКС следует рассмотреть возможность родоразрешения через естественные родовые пути, в зависимости от функции ЛЖ и клинических симптомов.	IIa	C
У женщин с установленным атеросклеротическим генезом сердечно-сосудистого заболевания во время беременности может быть рассмотрен вопрос о продолжении приема статинов.	IIb	C

European Heart Journal (2025) 46, 4462–4568; https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaf193


Initial evaluation of mother (and foetus, if pregnant)
Assess heart failure severity
SBP <90 mmHg; HR >130/min or <45/min
Respiratory rate >25/min; SpO2 <90%
Lactate >2.0 mmol/L; ScvO2 <60%
Altered mental state; cold skin; oliguria
Assess status of foetus
Is foetus viable? Decide on delivery or continuation of pregnancy, induction of lung maturation
Confirm diagnosis
ECG, blood tests incl. natriuretic peptides, echocardiography
Consider lung ultrasound, chest x-ray, and additional tests to exclude differential diagnoses
Task force for AHF in pregnancy (goal: ≤15 minutes):
cardiologist, obstetrician, neonatologist, anesthesiologist, cardiac surgeon, operating room coordinator
Severe AHF/Cardiogenic Shock
Invasive hemodynamic assessment
Optimize preload
Volume vs diuretics; vasodilators if SBP >110 mmHg
Optimize oxygenation
Consider NIV, invasive ventilation if SpO2 <95% with oxygen
Add inotropes and/or vasopressors
Consider levosimendan (0.1 mcg/kg/min during 24 h)
Urgent delivery (caesarean section)
Consider bromocriptine in patients with PPCM
Consider mechanical circulatory support (MCS)
eg Impella pump, VA ECMO, combination of both, depending on local experience/availability
Improvement / Recovery?
LVAD Implantation, Transplantation
Weaning
Stabilized AHF
Antepartum
Postpartum
HF therapy
Hydralazine
Nitrates
Beta-blocker
Diuretics
HF therapy
ACE-I (or ARB, ARNI)
Beta-blocker
MR antagonist
Diuretics
Ivabradine
Consider delivery
(vaginal delivery with PDA)
Consider bromocriptine
in patients with PPCM
Consider WCD therapy
if LVEF ≤35%
Continue HF therapy
at least 12 months after full recovery of LVEF

Расчет фракции изменения площади ПЖ ($ФИП_{ПЖ}$)

$$ФИП_{ПЖ} = \frac{КДП_{ПЖ} - КСП_{ПЖ}}{КДП_{ПЖ}} \times 100\%$$

- В норме $ФИП_{ПЖ} > 35\%$
- $ФИП_{ПЖ} < 35\%$ указывает на снижение систолической функции правого желудочка

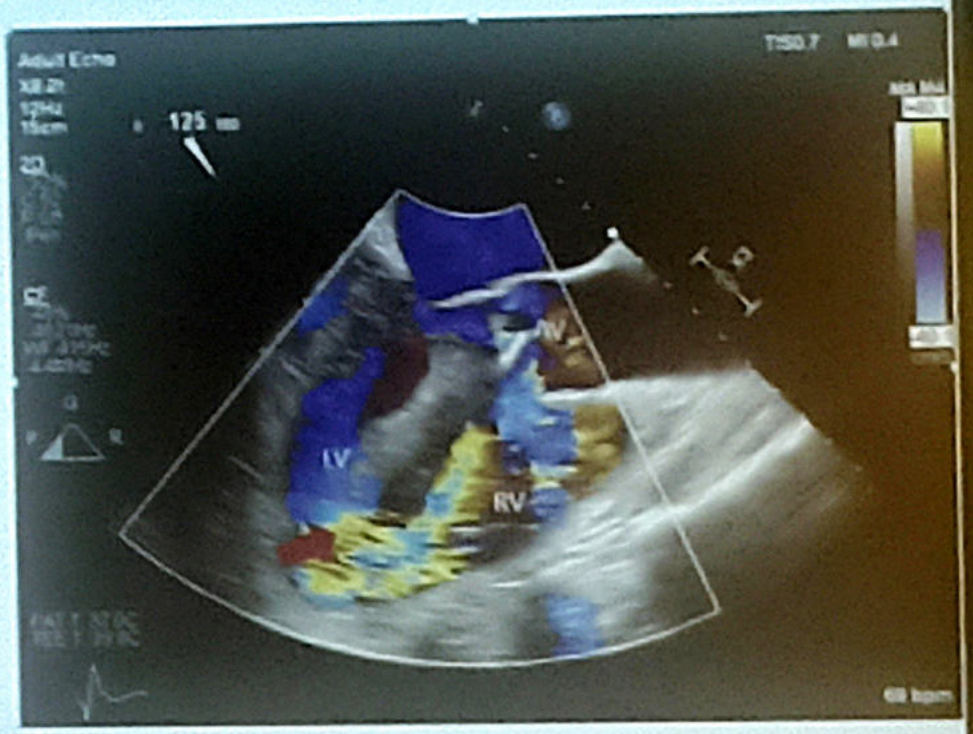
Эхокардиографическое исследование перед имплантацией ЭКМО

1. подтвердить наличие дисфункции левого, правого или обоих желудочков,
2. исключить новую патологию, требующую срочного хирургического вмешательства, как причину гемодинамического коллапса (например, перикардиальный выпот с тампонадой сердца, разрыв свободной стенки желудочка, тяжелая митральная регургитация вследствие разрыва папиллярных мышц),
3. исключить противопоказания к применению ВА ЭКМО, такие как расслоение аорты или умеренная или тяжелая аортальная регургитация,
4. исключить относительные противопоказания к применению только ВВ ЭКМО, такие как тяжелая дисфункция ПЖ и/или ЛЖ (которая потребует более высокого уровня поддержки) или острое легочное сердце и/или эмболия легочной артерии.

«Красные флаги» при предшествующей имплантацией ВА ЭКМО

До имплантации

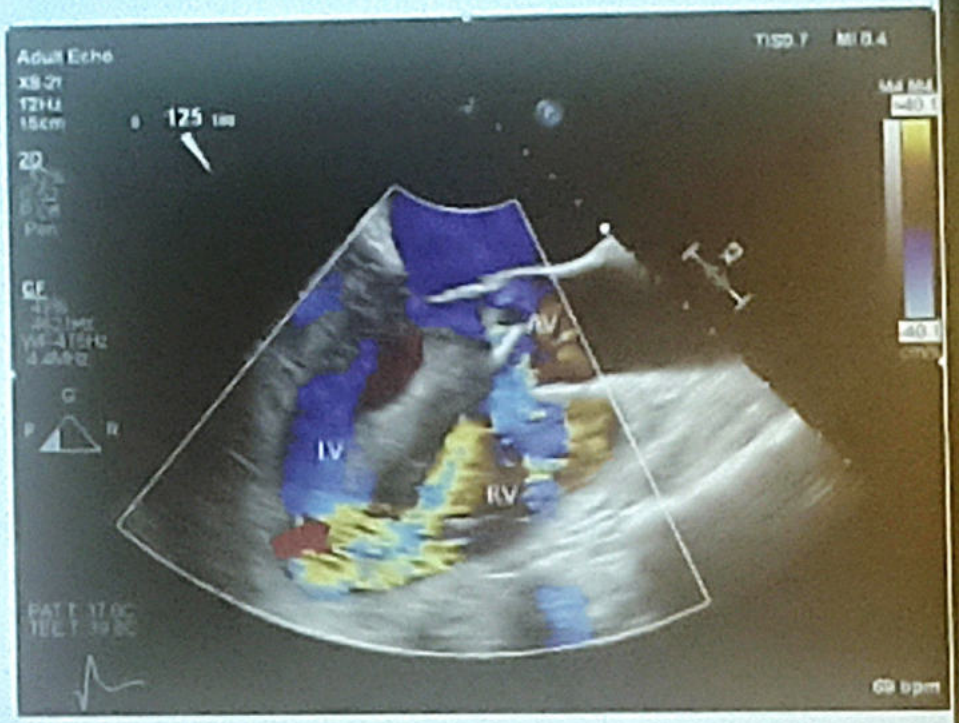
- Стриктуры нижней полой вены или тромбы
- Фильтры нижней полой вены
- Тромб в правом предсердии, объемные образования, электроды кардиостимулятора/дефибриллятора
- Аневризма межпредсердной перегородки
- ДМПП или ДМЖП
- Выраженная сеть Хиари
- Расслоение аорты
- Выраженный атеросклероз аорты
- Умеренная аортальная регургитация



«Красные флаги» при ТТЭ/ТЭЭ перед имплантацией ВА ЭКМО

До имплантации

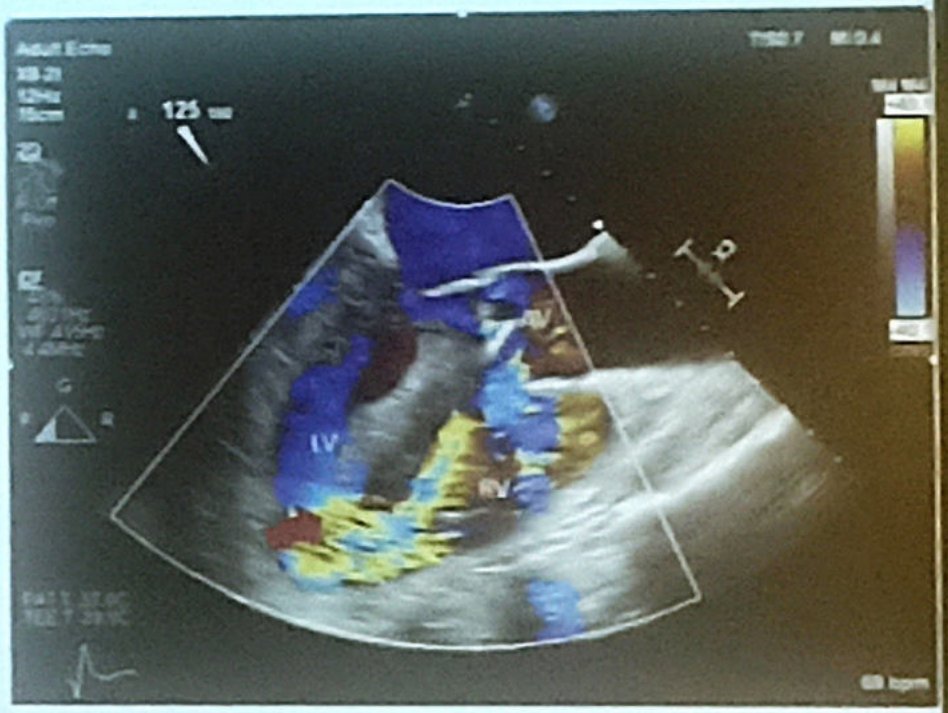
- Стриктуры нижней полой вены или тромбы
- Фильтры нижней полой вены
- Тромб в правом предсердии, объемные образования, электроды кардиостимулятора/дефибриллятора
- Аневризма межпредсердной перегородки
- ДМПП или ДМЖП
- Выраженная сеть Хиари
- Расслоение аорты
- Выраженный атеросклероз аорты
- Умеренная аортальная регургитация



«Красные флаги» при ТТЭ/ТЭЭ перед имплантацией ВА ЭКМО

Во время поддержки

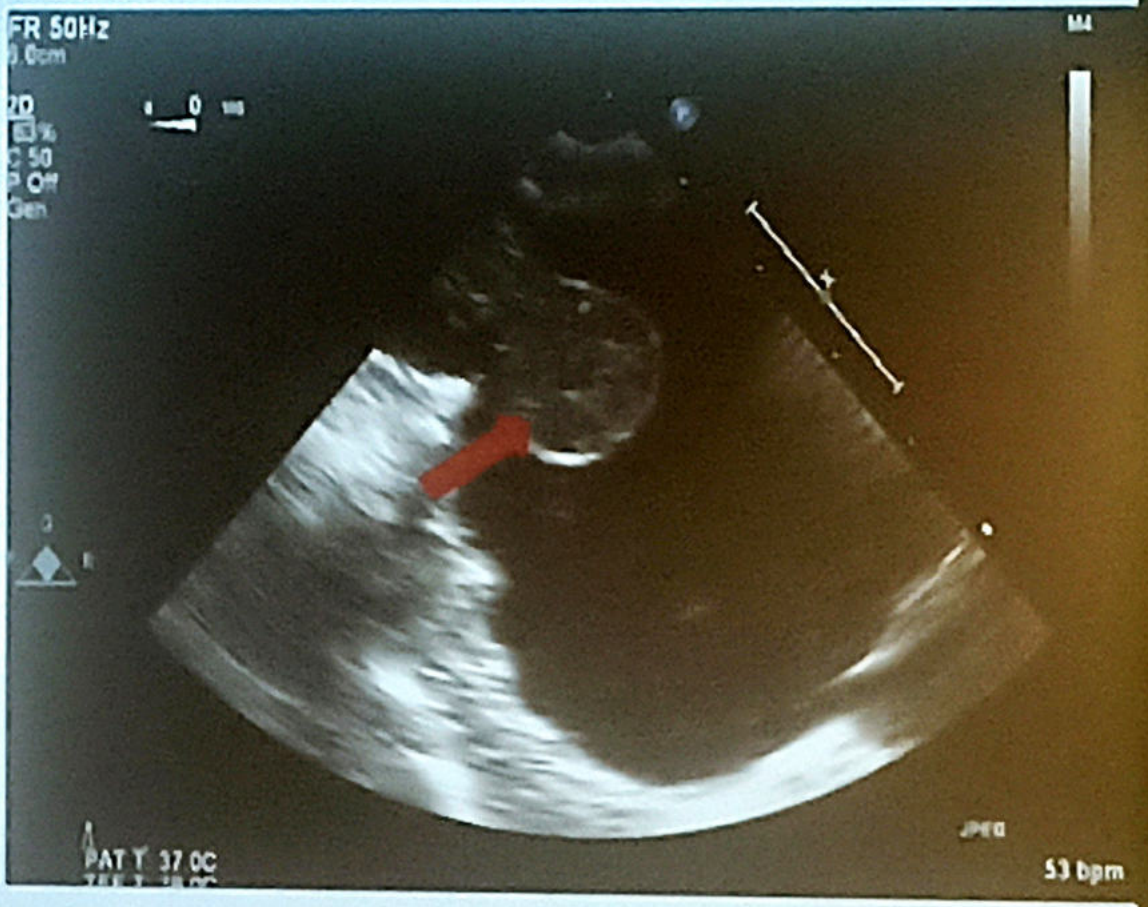
- Дилатация левого предсердия, левого желудочка (ЛЖ)
- Отсутствие открытия АК
- Значительная МР
- Тромб в верхушке ЛЖ



«Красные флаги» при ТТЭ/ТЭЭ перед имплантацией ВВ ЭКМО

До имплантации

- Стриктуры или тромбы нижней полой вены или верхней полой вены
- Врожденные аномалии (аплазия нижней или верхней полой вены)
- Фильтры нижней полой вены
- Тромбы или объемные образования в правом предсердии или желудочке, или легочной артерии
- Выраженная сеть Хиари
- Аневризма межпредсердной перегородки
- ДМПП
- Тяжелая дисфункция правого или левого желудочка



Оценка сосудистого доступа

Нет валидированных радиологических критериев, которые являются показаниями к постановке к ЭКМО!

Table 1 Clinical and imaging findings representing indications and contraindications to MCS placement

	IABP	V-A ECMO	Left axial flow devices	Right axial devices	Protek-Duo
Vascular/CT contraindication	✓Aorta/femoral/iliac atheroma (III-IV*) ✓ Aortic/femoral stent	✓ Aorta/femoral/iliac atheroma (III–IV grade) ✓ Aortic/femoral stent	✓ Femoral/iliac atheroma (III–IV grade) ✓ Femoral stent	✓ IVC filter or clot ✓ Thrombus in proximal pulmonary artery(ies)	✓ Jugular vein alteration ✓ SVC filter or clot ✓ Thrombus in proximal pulmonary artery(ies)

- выраженные атеротромботические изменения аорты и подвздошно-бедренного сегмента;
- наличие/проходимость аортального стент-графта в или операция сосудистого шунтирования в анамнезе;
- хронический стеноз/окклюзия ВПВ или НПВ, установка кава-фильтра в анамнезе;
- аномальный размер или анатомия сосудистого доступа (извитость артерий таза, атрезия НПВ);
- тромбоз проксимальной части бедренной или наружной подвздошной вены;
- тромбоз внутренней яремной вены.

Методы визуализации

ЭхоКГ, УЗИ	Первичное позиционирование канюль (скопия в рентгеноперационной) Оценка проходимости сосудов Гемоторакс, гематома в области канюляции Определить показания к разгрузке ЛЖ с уже установленным ЭКМО Определить вероятность успешной деканюляции
Рентгенография	Локализация канюль (Рентгенография < УЗИ) Пневмоторакс Плевральный выпот (в т.ч. и геморрагический) Подсчет квадрантов легочной ткани с консолидацией для оценки **Murray score** (показания к ЭКМО) Оценка показаний к разгрузке ЛЖ с уже установленным ЭКМО (динамика отека легких)
КТ	**Пациенты подвержены высокому риску тромбоэмболических осложнений и кровотечений:** - **стаз/тромбоз легочных артерий; камер сердца; аорты и ее ветвей, дистальная эмболия;** - **гематомы, в т.ч. в области канюляции;** - **мальпозиция канюль;** - **оценка динамики первичных заболеваний, приведших к установке ЭКМО.**
МРТ	Противопоказано

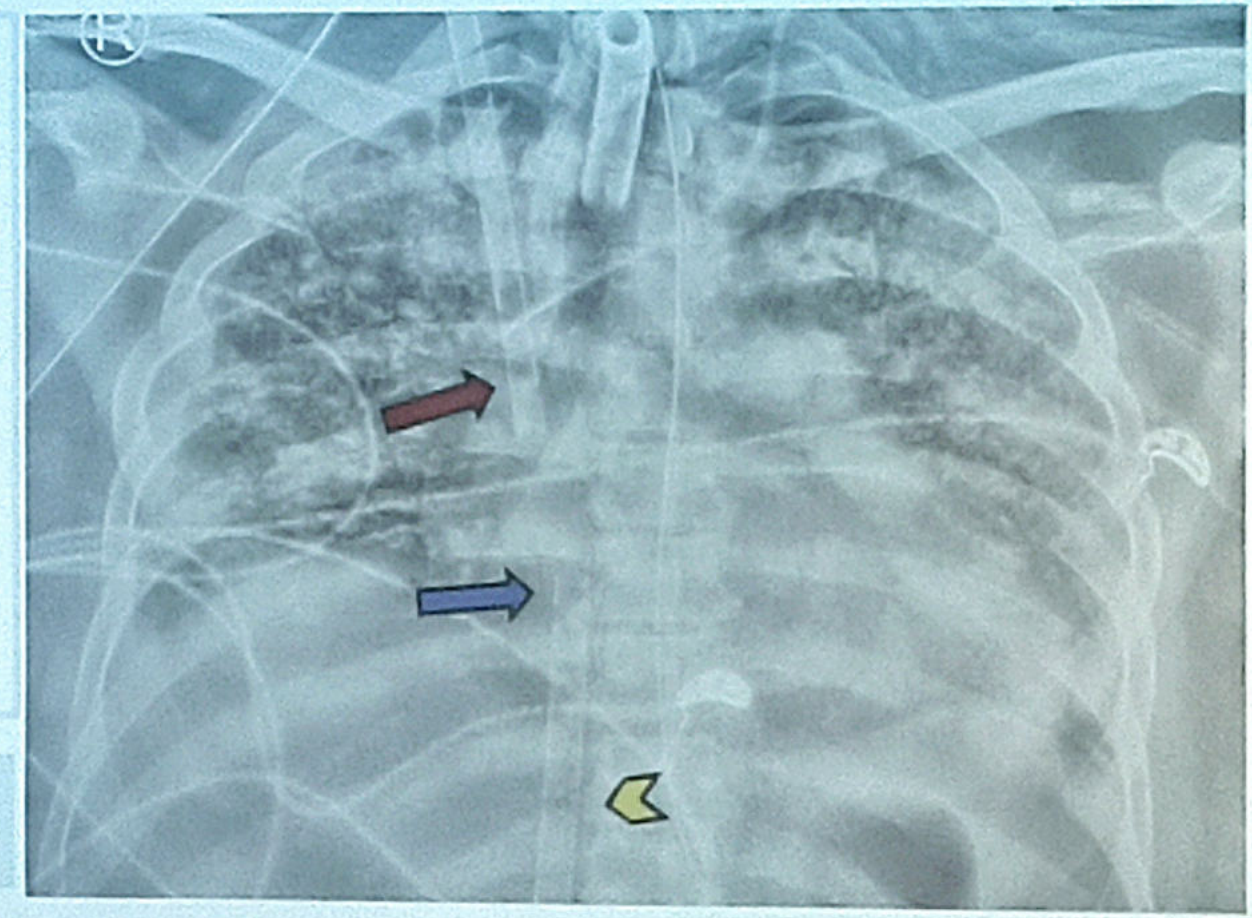
Lee, S., Chaturvedi, A. Imaging adults on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *Insights Imaging* 5, 731–742 (2014). https://doi.org/10.1007/s13244-014-0352-

ВВ ЭКМО: бедренно-предсердная (НПВ-ПП)

Такая конфигурация оптимальна для минимизации **рециркуляции** – явления, при котором часть возвращающейся насыщенной кислородом крови преждевременно возвращается в контур ЭКМО.
Рециркуляция приводит к **уменьшению количества насыщенной кислородом крови**, возвращающейся в малый круг кровообращения и, следовательно, в системный кровоток.

Правильное расположение канюль имеет решающее значение для предотвращения рециркуляции.

Стандартного расстояния, которое следует соблюдать между портами, не существует!



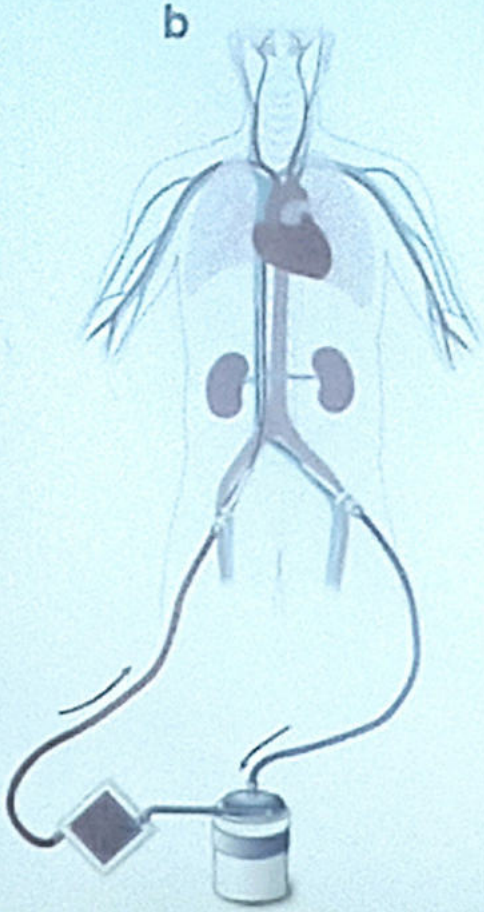
Tilmen et al. An Overview of Extracorporeal Membrane Oxygenation / Applied Radiology January / February 2024

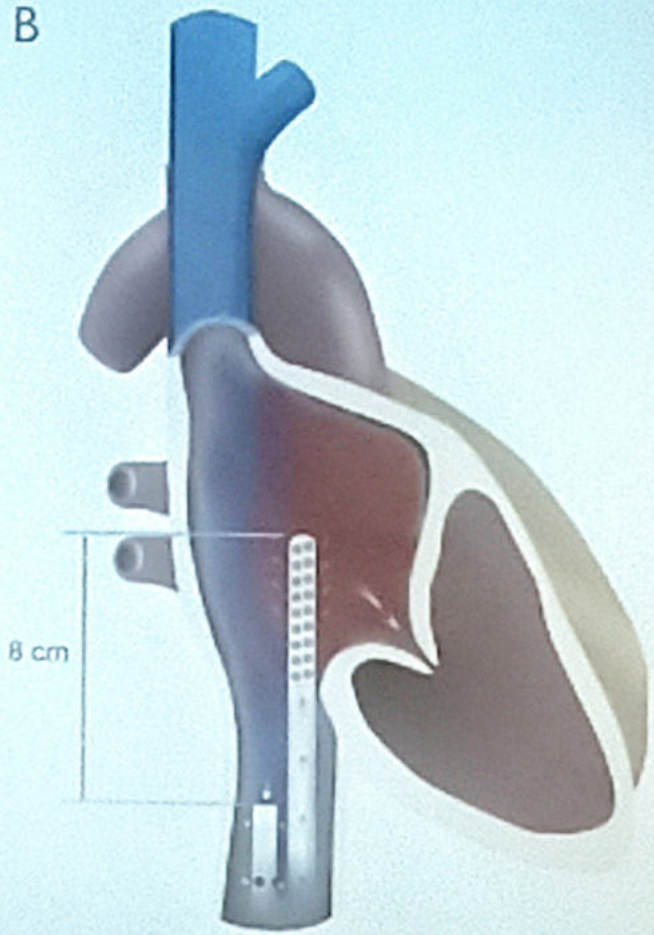
ВВ ЭКМО: бедренно-бедренная (НПВ - ПП)

Дренажная канюля (венозная дезоксигенированная кровь, приводящая) должна быть расположена в **НПВ** через **бедренную вену** обычно **ниже**, чем при доступе «НПВ-ПП».

Реинфузионная канюля (оксигенированная кровь, отводящая) располагается в **бедренной вене** с другой/той же стороны. Конец должен быть расположен **выше дренажной канюли** (>5 см), на уровне **ПП или соединения ВПВ/ПП**.

При более низкой сложности установки доступ сопряжен с **повышенным риском рециркуляции оксигенированной крови** (обе канюли могут быть расположены ближе друг к другу).





Burrell, Aidan J C, Joshua Ihle, Vincent A. Pellegrino, Jayne Sheldrake and Paul Nixon. "Cannulation technique: femoro-femoral." *Journal of thoracic disease* 10 Suppl 5 (2018): S616-S623.

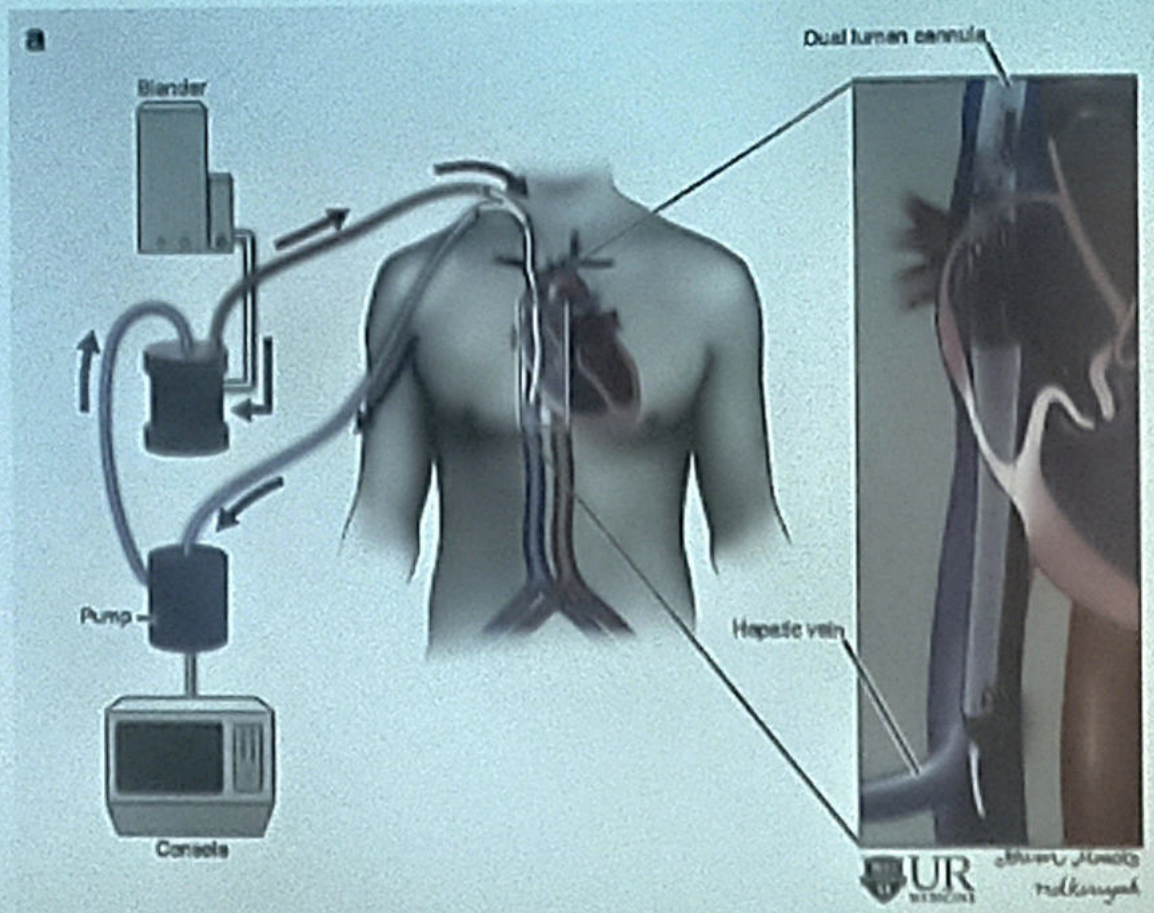
ВВ ЭКМО: 1 двухпросветная канюля с 3 портами

Канюля должна быть расположена в **НПВ** через **правую ВЯВ**

Проксимальный и дистальный порты (венозная дезоксигенированная кровь) должны располагаться в **ВПВ и НПВ.**

Средний порт – предсердный / возвратный (оксигенированная кровь) реинфузирует оксигенированную кровь из контура ЭКМО и должен располагаться на уровне **ПП**, направляясь к ТК.

Альтернативные доступы:
бедренная вена (конец в ВПВ) и левая ВЯВ (конец в НПВ).



Lee, S., Chaturvedi, A. Imaging adults on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *Insights Imaging* 5, 731–742 (2014). https://doi.org/10.1007/s13244-014-0357-x

Стратегии оптимизации при ВВ ЭКМО

Кровь и КВ отводятся и возвращаются в одно и то же место (ПП), **не минуя стандартный путь** (правые отделы, ЛА, левые отделы, аорта). **Стандартное направление кровотока - стандартные протоколы КТА.** Рециркуляция - изменения плотности контрастирования и время введения болюса.

1. **Введение КВ:**
- через стандартный центральный доступ;
- больший объем КВ (на 10–20%) с учетом возможной рециркуляции КВ в венозную канюлю;
- при отсутствии ЦВК КВ можно ввести через порт пре-оксигенатора (только с привлечением перфузиолога) - риск воздушной эмболии (менее значимо т.к. отток в венозную систему).
2. **Скорость потока ЭКМО:**
   рекомендуется **снизить скорость кровотока до минимально возможного (и безопасного)** значения для уменьшения рециркуляции КВ через ЭКМО, **но не обязательно.**
3. Не используйте high-pitch протоколы (риск дислокации канюль).
4. **Обычные протоколы сканирования:**
   - автоматический триггер;
   - минимальный delay мониторинга, более длительное scan time мониторинга.

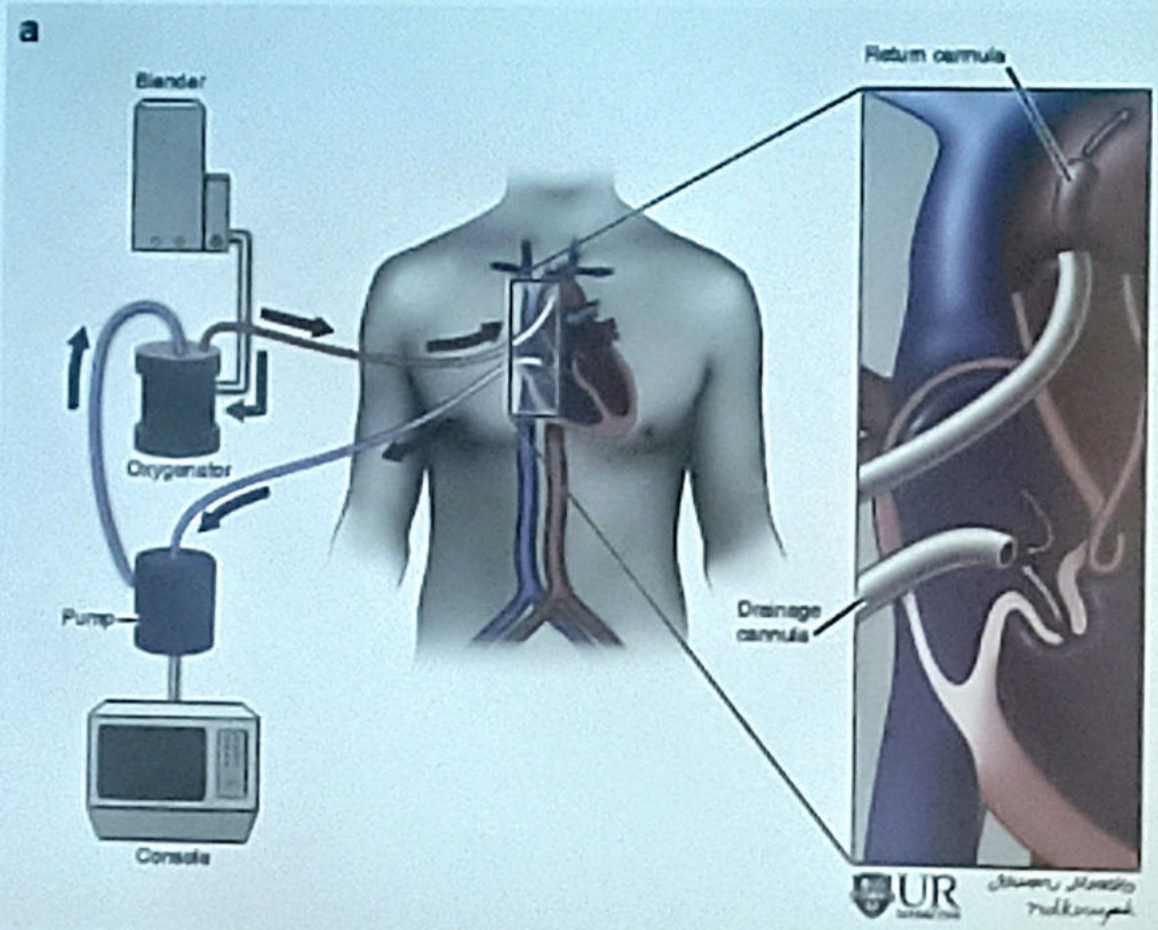
ВА ЭКМО: центральная / медиастинальная

Центральная ВА-ЭКМО практически всегда используется у пациентов, перенесших операцию на сердце с **посткардиотомным кардиогенным шоком** (которые не могут быть отключены от аппарата ИК).
Это наиболее инвазивная из всех методик, требующая **стернотомии**.

Дренажная канюля (венозная дезоксигенированная кровь, приводящая) должна быть расположена **непосредственно в ПП**.

Реинфузионная канюля (оксигенированная кровь, отводящая) должна быть расположена **непосредственно в восходящей аорте.**

Антеградный кровоток в аорте.



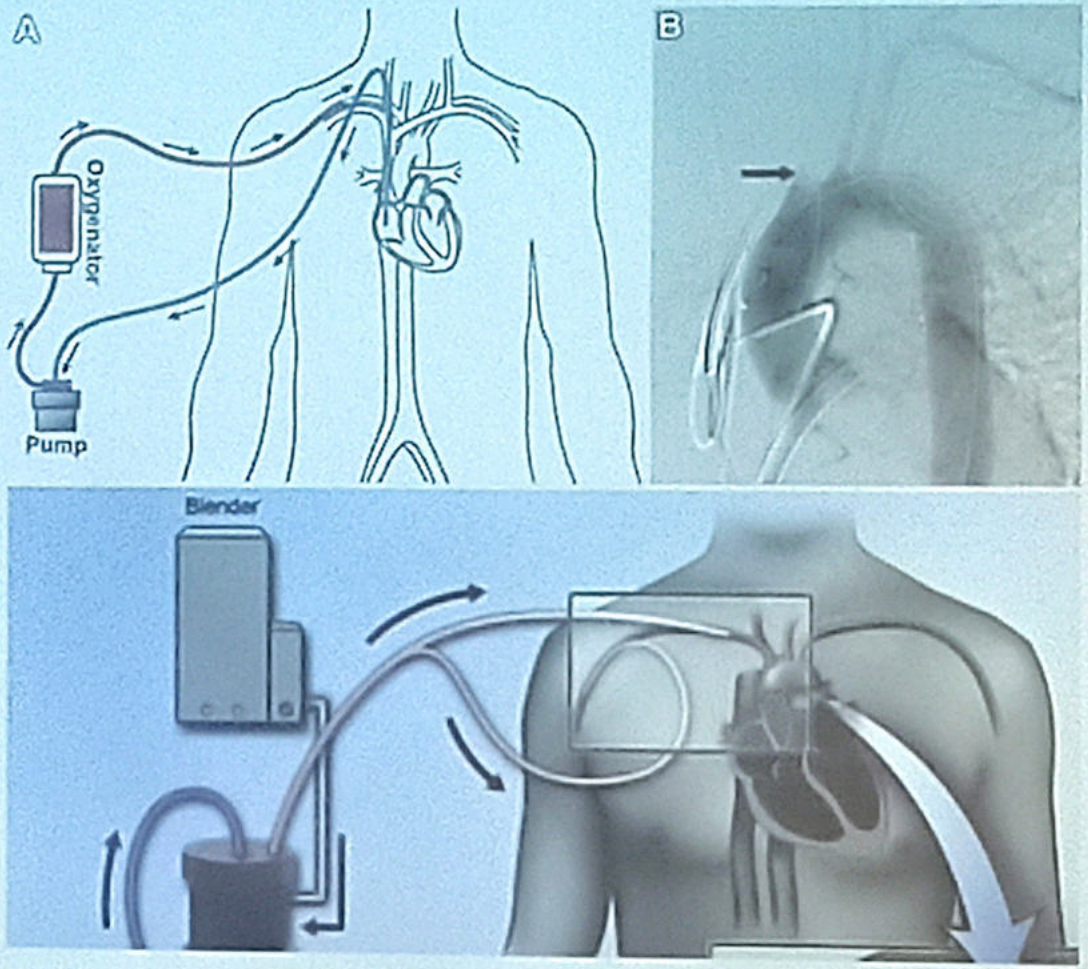
Lee, S., Chaturvedi, A. Imaging adults on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *Insights Imaging* 5, 731–742 (2014). https://doi.org/10.1007/s13244-014-0357-x

ВА ЭКМО: периферическая спортивная

Дренажная канюля (венозная дезоксигенированная кровь, приводящая) должна быть расположена в **правой внутренней яремной вене.**

Реинфузионная канюля (оксигенированная кровь, отводящая) должна быть расположена в **правой подмышечной / подключичной / плечеголовной артерии.**
Дистальная перфузионная канюля для предотвращения ишемии конечности.

Хотя технически канюляция осуществляется через периферическую артерию, перфузия в спортивной модели аналогична таковой при центральной ВА-ЭКМО, с **преимущественно антеградным кровотоком** в аорте.



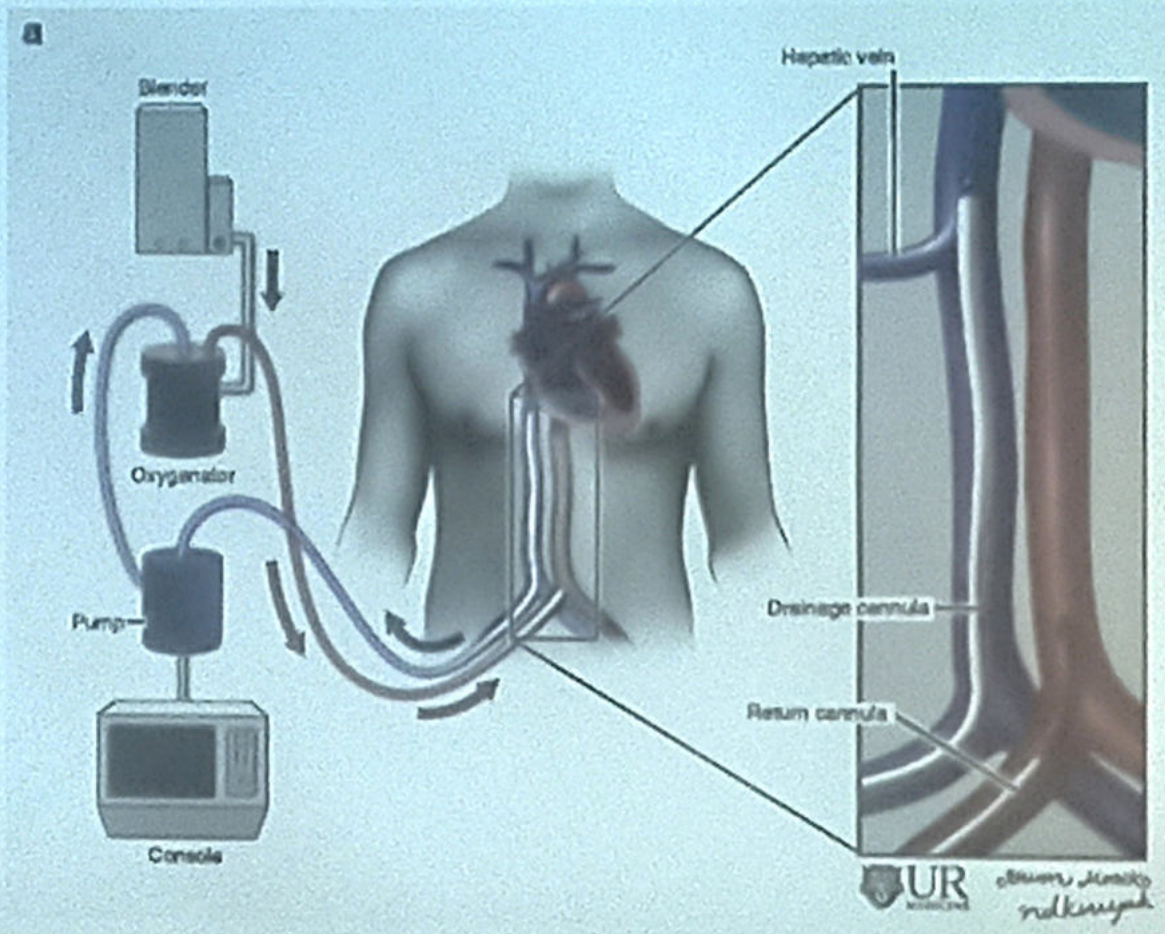
Lee, S., Chaturvedi, A. Imaging adults on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) *Insights Imaging* 5, 731–742 (2014). https://doi.org/10.1007/s13244-014-0357-x

ВА ЭКМО: периферическая бедренно-бедренная

Дренажная канюля (венозная дезоксигенированная кровь, приводящая) забирает кровь из системных вен и должна быть расположена **в дистальных отделах НПВ /ЛП на уровне диафрагмы.**

Реинфузионная канюля (оксигенированная кровь, отводящая) возвращает оксигенированную кровь в аорту и должна быть расположена в начальных отделах **аорты** через **бедренную артерию.**

Ретроградный кровоток в аорте (т.е. каудально-краниальном) направлении. Преимущество - можно начать вне операционной, используя чрескожный или хирургический доступ.

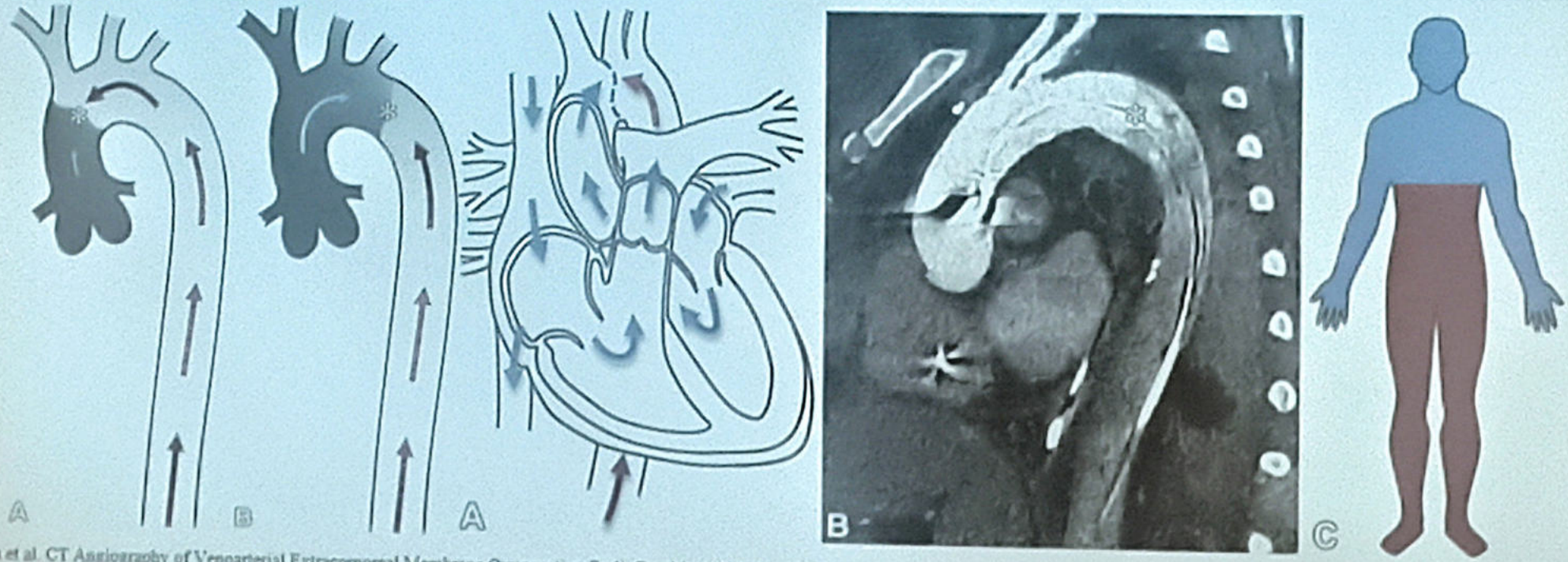


Lee, S., Chaturvedi, A. Imaging adults on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) *Insights Imaging* 5, 731–742 (2014). https://doi.org/10.1007/s13244-014-0357-x

ВА ЭКМО: периферическая бедренно-бедренная

Гемодинамические изменения - РЕТРОГРАДНЫЙ кровоток в аорте

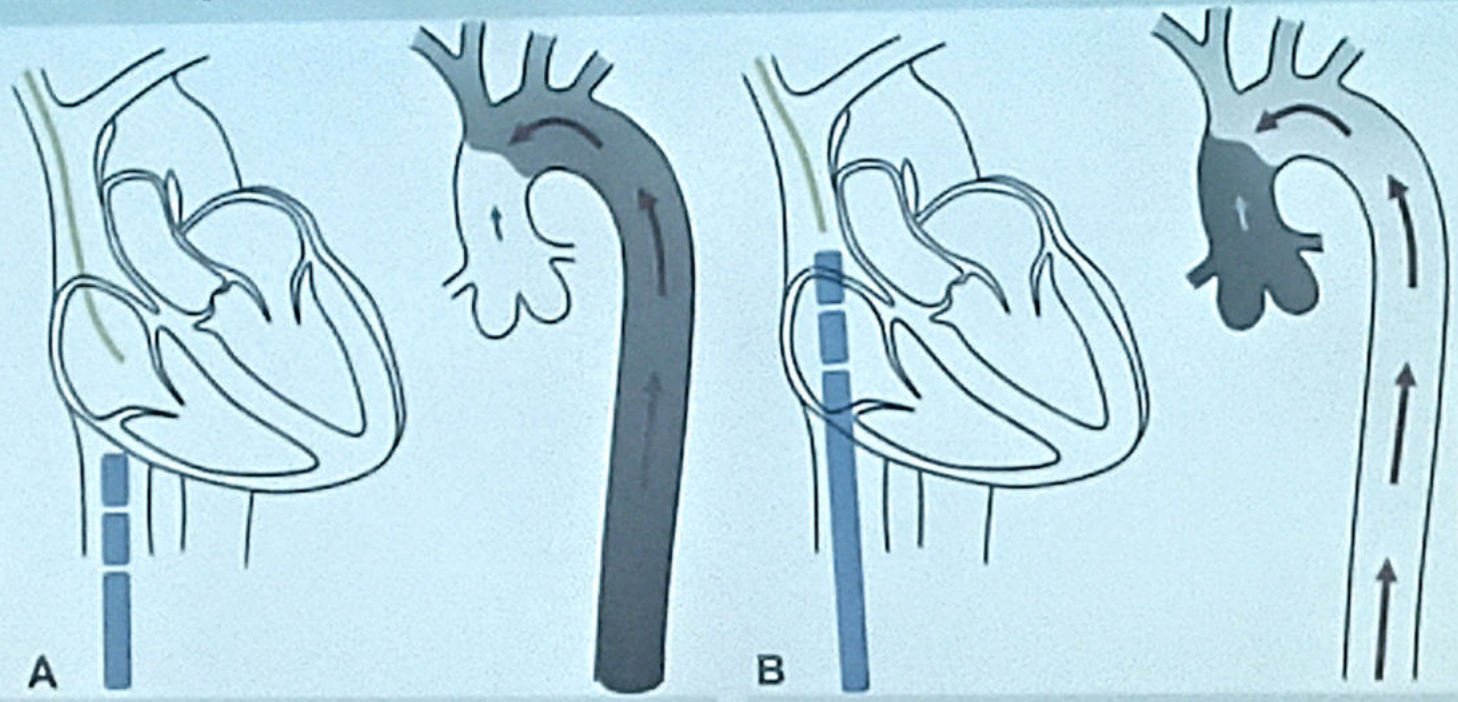
Два конкурирующих кровотока: антеградный сердечный выброс и ретроградный возврат ЭКМО - **зона водораздела** (потоковые артефакты между контрастированными и неконтрастированными потоками крови).



Shen et al. CT Angiography of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation RadioGraphics 2022 42:1, 23-37

Динамика КВ при ВА ЭКМО

Обратите внимание на расположение **кончика ЦВК** относительно дренажной/венозной канюли ЭКМО



Высокая скорость ЭКМО до 6–7 л/мин (~100 мл/с vs 4-5 мл/с при обычной КТА)

При введении КВ через ЦВК, направленный к ТК на некотором расстоянии от канюли, **собственный кровоток контрастируется сильнее**, чем возврат ЭКМО.

При введении КВ через ЦВК, расположенный непосредственно перед дренажной канюлей, **возврат ЭКМО контрастируется сильнее**, чем собственный кровоток **(более вероятно)**.

Shen et al. CT Angiography of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation RadioGraphics 2022 42:1, 23-37

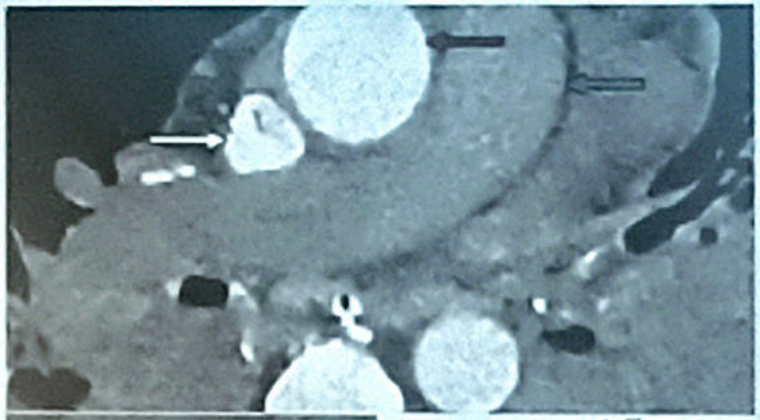
Стратегии оптимизации КТА при ББ ВА ЭКМО

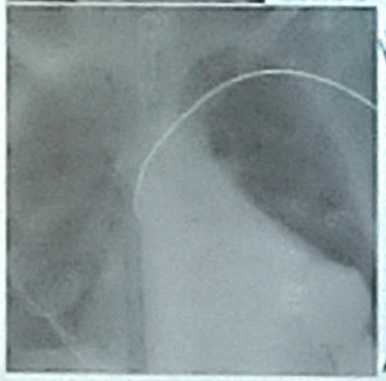
Цель - управление местоположением зоны водораздела + изменение направления хода КВ + использование рециркуляции крови для доставки КВ в зону интереса.

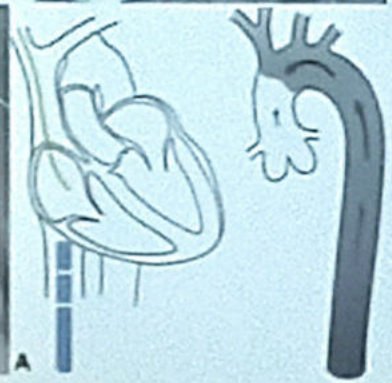
1. **Уменьшить/ приостановить поток насоса ЭКМО** до минимального уровня потока, переносимого пациентом (в идеале от 1 л/мин до 0,5 л/мин) **на 15-90 сек.** Полная остановка нежелательна в связи с риском возникновения тромбов в системе ЭКМО, но возможна.
   Раннее контрастирование камер сердца, легочных артерий, корня аорты - только с отключением ЭКМО.
2. **Введение КВ:**
   - через ЦВК. НЕ использовать периферический доступ - в большинстве случаев **ретроградное контрастирование;**
   - при отсутствии ЦВК - через порт пре-оксигенатора (только с привлечением перфузиолога) или отводящую канюлю ЭКМО - только **ретроградное контрастирование, риск воздушной эмболии;**
3. **ROI:**
   - на уровне зоны интереса;
   - мануальный старт предпочтительнее автоматического;
   - минимальный delay мониторинга, увеличьте scan time мониторинга;
4. **КВ:** больший объем КВ (на 10–20%) с учетом возможной рециркуляции.
5. Не используйте high-pitch протоколы (риск дислокации канюль).
6. **Венозная / отсроченная фаза - количество фаз зависит от вашего опыта и вероятности неуспеха :)**

КТА легочных артерий – ТЭЛА

Исключение ТЭЛА - сложная задача при всех вариантах ВА-ЭКМО, поскольку кровь (и КВ) по своей природе обходит ЛА. **Цель - минимизация попадания КВ в дренажную/венозную канюлю ЭКМО.**







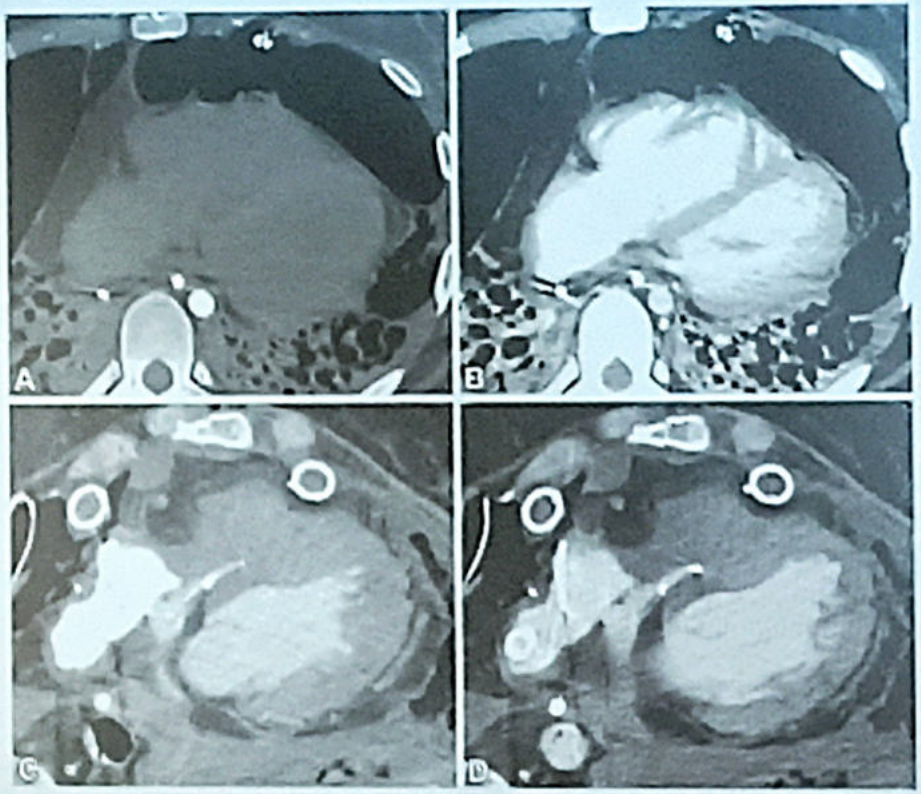
Стратегия оптимизации :

1. **Единственный возможный вариант - уменьшить/ приостановить работу ЭКМО** (на 15-25 сек) - **антеградный кровоток - стандартный протокол КТ-ангиопульмонографии.**
2. **Введение КВ:**
   - введение КВ через ЦВК, конец которого расположен ниже конца дренажной канюли или направлен к ТК (сложно знать заранее, R ОГК).
   - введение КВ в отводящую канюлю ЭКМО - бесполезно для оценки состояния ЛА, т.к. КВ будет обходить целевой сосуд.
3. **Триггер:** ROI на ЛП (т.к. низкая ФВ для оптимального заполнения субсегментарных отделов ЛА)
4. **Венозная / отсроченная фаза на 40-60 секунде** - оценка проксимальных ветвей; оценка дистальных отделов сомнительна.

Shen et al. CT Angiography of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation RadioGraphics 2022 42:1, 23-37

КТА камер сердца - тромб/стаз

Слабая сократимость сердца и низкая пульсация артерий - **стаз крови и внутрисердечный тромб.**
Трудности, аналогичные выполнению КТ-ангиопульмонографии (кровь "обходит" камеры сердца).



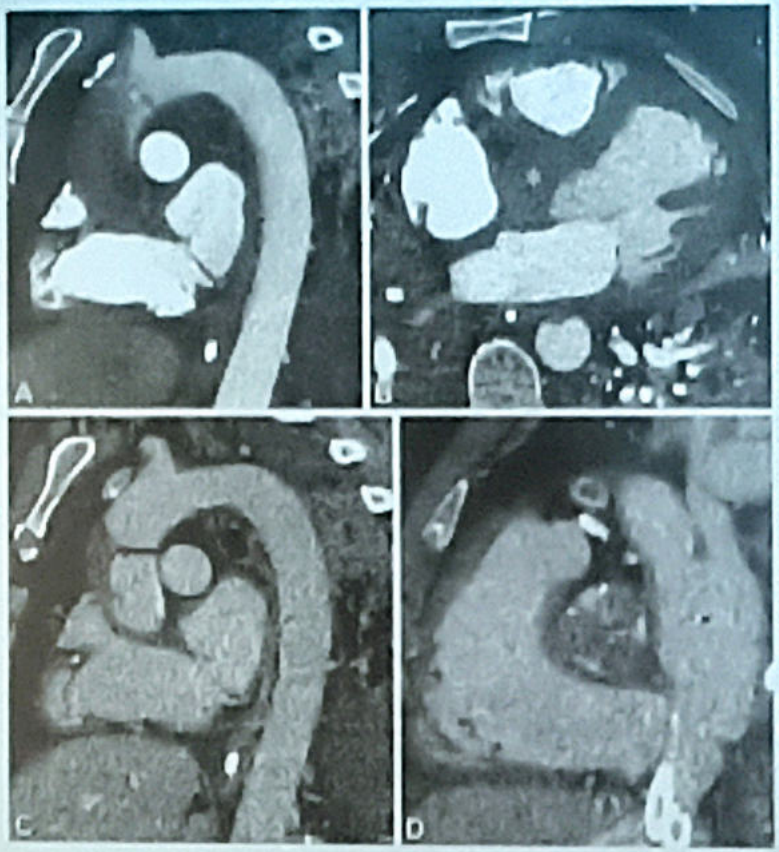
Стратегия оптимизации :

1. **Для исключения тромбоза - достаточно выполнения венозной / отсроченной фаза на 40-60 секунде.**
2. Уменьшить/ приостановить работу ЭКМО - только при необходимости получения ранней артериальной фазы - обычный протокол КТ-ангиографии.
3. Введение КВ:
   - введение КВ через ЦВК,
   - введение КВ в отводящую канюлю ЭКМО - только если не нужна ранняя артериальная фаза.
4. **ЭКГ-синхронизация.**

Lee, S., Chaturvedi, A. Imaging adults on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *Insights Imaging* 5, 731–742 (2014). https://doi.org/10.1007/s13244-014-0357-x

КТА аорты - тромб/стаз/диссекция

Два конкурирующих кровотока - непредсказуемое расположение зоны водораздела.



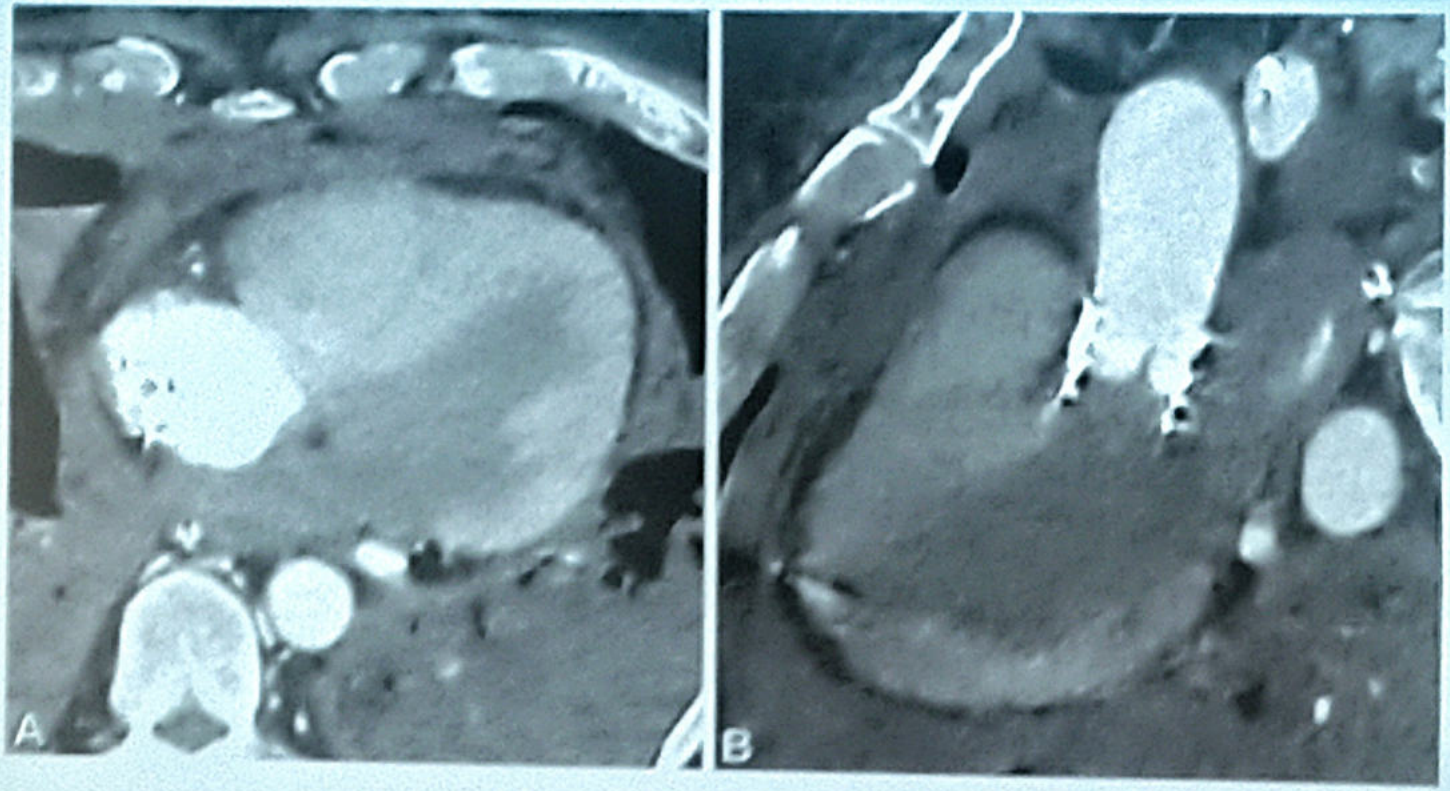
Стратегии оптимизации КТ-ангиографии:

1. **уменьшить/ приостановить скорость кровотока ЭКМО -** смещение зоны водораздела дистальнее - **стандартный протокол КТ ангиографии.**
2. **при невозможности остановки ЭКМО или снижения его скорости - оценка восходящего отдела крайне затруднена:**
   - введение КВ в ЦВК - в большинстве случаев ретроградное контрастирование (сложно спрогнозировать положение зоны водораздела).
   - введение КВ в отводящую канюлю ЭКМО - ретроградное контрастирование (риск эмболии).
3. **Обязательно выполнение венозной / отсроченной фазы 40- 60 секунде** для оценки корня и восходящего отдела аорты и зоны с артефактами водораздела.

Shen et al. CT Angiography of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation RadioGraphics 2022 42:1, 23-37

КТА аорты - ретроградное контрастирование **КА**

Эффективная ретроградная перфузия всей аорты и магистральных сосудов требует полного обхода сердца у пациентов с ФВ ЛЖ ~0% и закрытым АК.



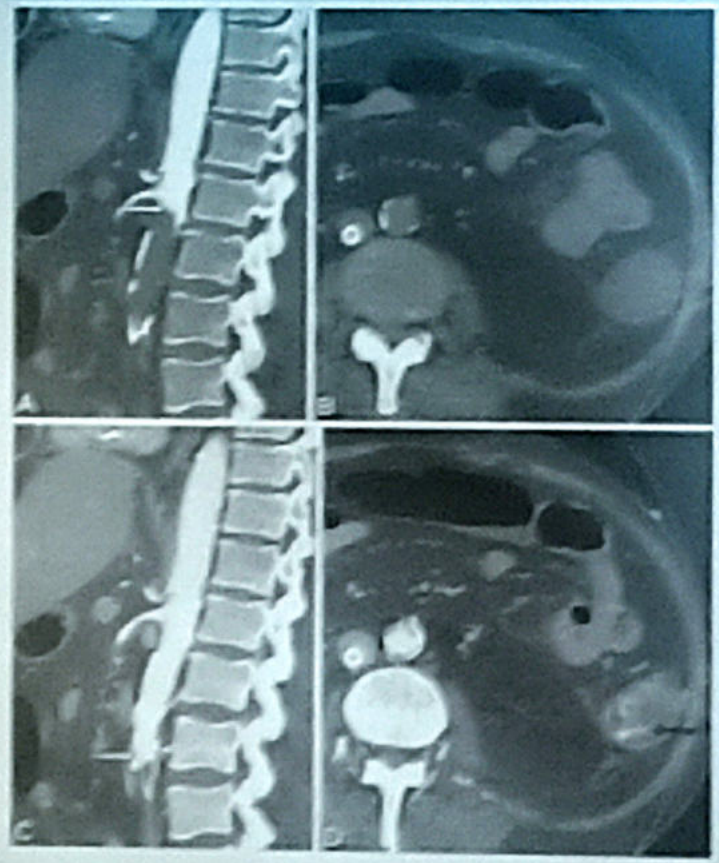
Два неконкурирующих кровотока: слабый антеградный сердечный выброс и сильный ретроградный возврат ЭКМО ➡ ретроградное контрастирование **коронарных артерий** из аорты и раннее контрастирование **миокарда** до поступления КВ в полость ЛЖ.

- **НЕ диффузная патология миокарда,**
- **НЕ тромб ЛЖ/ЛП.**

Shen et al. CT Angiography of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation RadioGraphics 2022 42:1, 23-37

КТА брюшной - тробмоз/кровотечение

Два конкурирующих кровотока - непредсказуемое расположение зоны водораздела (как в КТА аорты).



Стратегии оптимизации КТ-ангиографии:

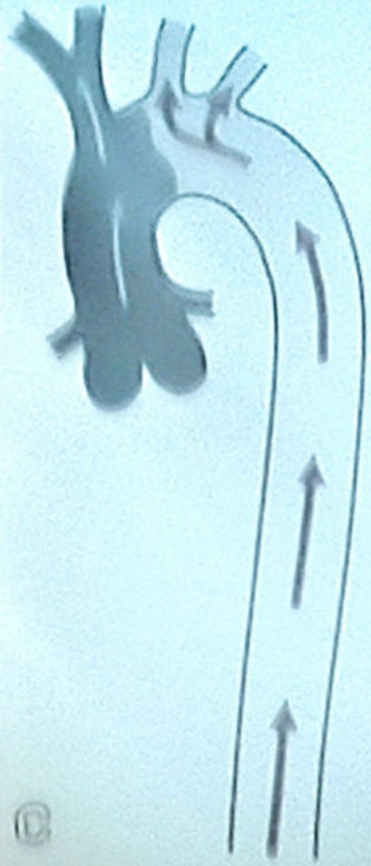
1. **Уменьшить/ приостановить скорость кровотока ЭКМО - обычный протокол КТ-ангиографии.**
2. **при невозможности остановки ЭКМО или снижения его скорости:**
   - введение КВ в ЦВК - в большинстве случаев **ретроградное контрастирование** (сложно спрогнозировать положение зоны водораздела),
   - ведение КВ в отводящую канюлю ЭКМО - **ретроградное контрастирование (риск эмболии),**
   Венозная / отсроченная фаза 40-60 сек.

Оценка состояния висцеральных артерий брюшной аорты **не является проблемой** при канюляции с помощью центральной и периферической спортивной модели ВА-ЭКМО, поскольку направление кровотока антеградное.

Shen et al. CT Angiography of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation RadioGraphics 2022 42:1, 23-37

КТА головы и шеи

Зона водораздела в дуге аорты - неоптимальное контрастирование БЦС, ПОСА/ПВСА



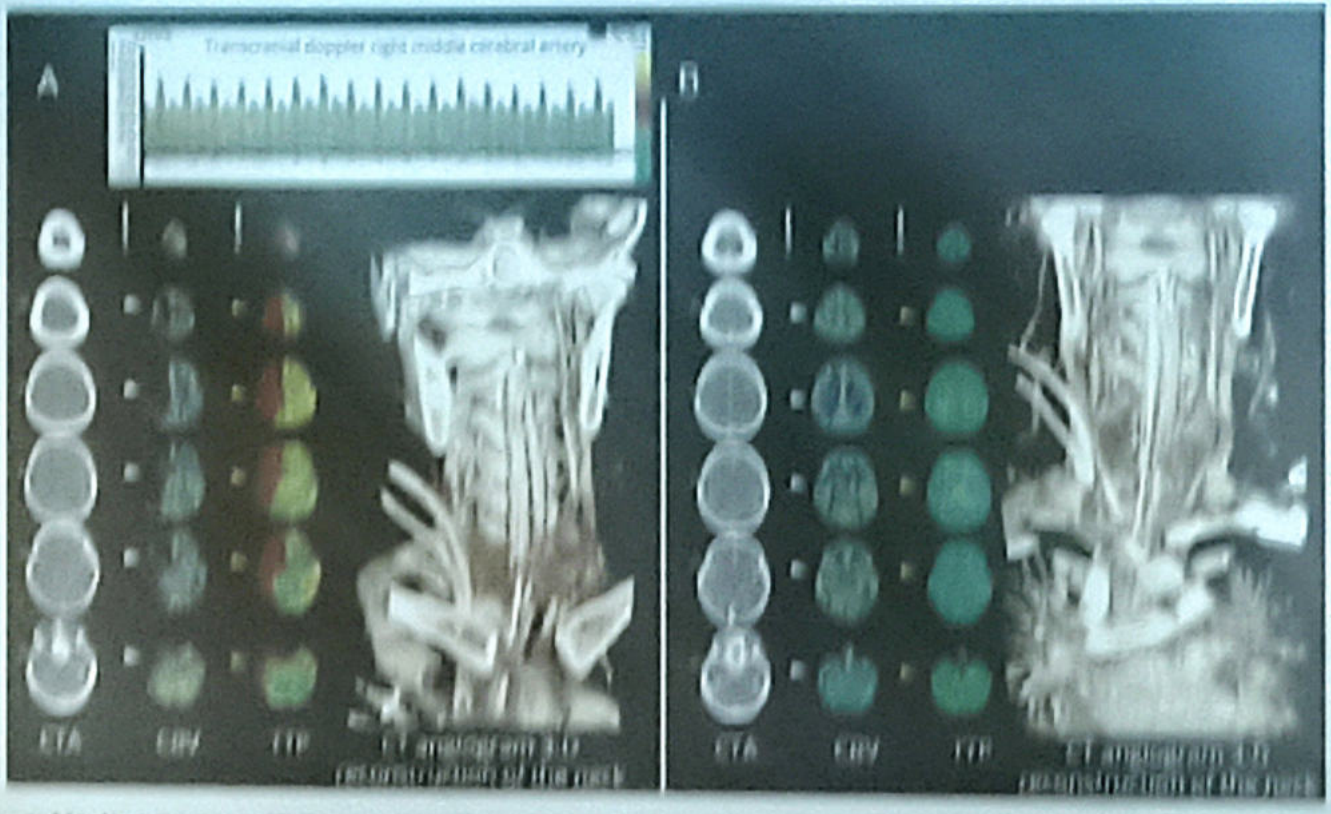
Стратегии оптимизации КТ-ангиографии:

1. **Уменьшить/ приостановить скорость кровотока ЭКМО - смещение зоны водораздела дистальнее.**
2. **Введение КВ:**
   - через ЦВК - антеградное контрастирование при снижении скорости ЭКМО или его остановке; ретроградное контрастирование при прежней скорости ЭКМО;
   - через порт пре-оксигенатора - ретроградное контрастирование (риск эмболии).
3. **Триггер:**
   - **мануальный старт, не использовать автоматический на восходящей/нисходящей аорте;**
   - **акцент на адекватное контрастирование правой стороны при ретроградном контрастировании;**
   - **двойной ROI на ОСА/ВСА**
4. **Венозная / отсроченная фаза на 40-60 секунде.**

Acharya J et al. CT Angiography of the Head in Extracorporeal Membrane Oxygenation. AJNR Am J Neuroradiol. 2017 Apr;38(4):773-776. doi:10.3174/ajnr.A5060.

КТ-перфузия ГМ

Асимметричное поступление КВ в БЦА - недиагностическая КТП (ложное увеличение CBV и TTP).



Стратегии оптимизации КТ-перфузии ГМ:

1. **приостановить ЭКМО**
2. увеличить время сканирования;
3. при невозможности снижения скорости ЭКМО или его остановки - **обязательно наличие ПО для деконволюции с коррекцией задержки или выбором отдельных AIF (arterial input function, метки на артериях)** для построения кривых отдельно для каждого сосудистого бассейна.

Vlamonte MA, Yu J, Echevarria FD, Hogan L, Yoon TS, Tabuli-Fahadan P, Simpkins AN. Caveats in Acute Imaging for Acute Stroke in the Setting of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation. Neurol Clin Pract. 2021 Dec;11(6):e910-e921. doi: 10.1212/CP.0000000000011181. PMID: 34987698; PMC ID: PMC8723911