



Practice Guideline

# European Resuscitation Council Guidelines 2025 Special Circumstances in Resuscitation



*Carsten Lott<sup>a,\*,1</sup>, Vlasios Karageorgos<sup>b,c,1</sup>, Cristian Abelairas-Gomez<sup>d,e</sup>,  
Annette Alfonzo<sup>f</sup>, Joost Bierens<sup>g,h</sup>, Steve Cantellow<sup>i</sup>, Guillaume Debaty<sup>j</sup>,  
Sharon Einav<sup>k</sup>, Matthias Fischer<sup>l</sup>, Violeta González-Salvado<sup>m,n</sup>, Robert Greif<sup>o</sup>,  
Bibiana Metelmann<sup>p</sup>, Camilla Metelmann<sup>p,q</sup>, Tim Meyer<sup>r</sup>, Peter Paal<sup>s</sup>, David Peran<sup>t</sup>,  
Andrea Scapigliati<sup>u,v</sup>, Anastasia Spartinou<sup>b,w</sup>, Karl Thies<sup>x</sup>,  
Anatolij Truhlar<sup>y,z,aa</sup>, Charles D. Deakin<sup>ab</sup>*

## Европейские рекомендации по реанимации 2025

### Реанимация в особых условиях

Перевод О.Н. Воскресенской



## Европейские рекомендации по реанимации 2025

### Реанимация в особых условиях

Carsten Lott, Vlasios Karageorgos, Cristian Abelairas-Gomez, Annette Alfonzo, Joost Bierens, Steve Cantellow, Guillaume Debaty, Sharon Einav, Matthias Fischer, Violeta Gonzaléz-Salvado, Robert Greif, Bibiana Metelmann, Camilla Metelmann, Tim Meyer, Peter Paal, David Peran, Andrea Scapigliati, Anastasia Spartinou, Karl Thies, Anatolij Truhlar, Charles D. Deakin

#### **Аннотация**

Данные рекомендации Европейского совета по реанимации (ERC) 2025 года по реанимации в особых условиях основаны на Консенсусе по науке с рекомендациями по лечению (CoSTR) Международного комитета по связи в реанимации (ILCOR) за 2025 год, обзорах экспертной группы по написанию и соответствующей рецензируемой литературе. В главе рекомендаций содержатся указания для непрофессионалов и медицинских работников о необходимых изменениях в базовой и расширенной поддержке жизни у взрослых для профилактики и лечения остановки сердца при внутрибольничной и внебольничной остановке сердца. Рекомендации ERC 2025 по педиатрической поддержке жизни охватывают особые состояния у детей.

*Ключевые слова:* Остановка сердца, Особые обстоятельства, Взрослые, Особые причины, Особые условия, Особые группы пациентов.



## Вступление

Остановка сердца, независимо от ее этиологии, требует немедленного вмешательства, включая быструю диагностику, вызов экстренной помощи и сердечно-легочную реанимацию (СЛР) высокого качества с минимальными прерываниями. Эффективное лечение предполагает своевременное выявление и устранение обратимых причин, часто обобщенных в мнемонике «4Н и 4Т». Однако стандартные протоколы поддержки жизни не являются универсальными, поскольку особые обстоятельства требуют изменений этих рекомендаций. ERC классифицирует эти особые состояния на три части:

1. Особые причины, требующие специфических вмешательств.
2. Особые условия, в которых уникальные факторы места или этиологии требуют адаптированных подходов.
3. Особые группы пациентов, характеризующиеся предшествующими заболеваниями или коморбидным фоном, которые требуют различных измененных стратегий лечения.

Данные Рекомендации Европейского совета по реанимации (ERC) 2025 года по реанимации в особых условиях основаны на ежегодном Консенсусе по науке с рекомендациями по лечению (CoSTR) Международного комитета по связи в реанимации (ILCOR) за 2025 год.<sup>1</sup> Многие темы, затронутые в этих рекомендациях по особым обстоятельствам, не входили в обзор ILCOR. Таким образом, несколько рекомендаций основаны на консенсусе рабочей группы по разработке Рекомендаций ERC 2025 по реанимации в особых условиях, основанном на дополнительных систематических или обзорных исследованиях или выбранных оригинальных статьях (Таблица 1). Общая методология, использованная для разработки рекомендаций, представлена в основном резюме.<sup>2</sup>

Эти Рекомендации были размещены для общественного обсуждения с 15 по 30 мая 2025 года. Всего 54 человека представили 66 комментариев, что привело к 9 изменениям в окончательной версии. Впоследствии отзывы были рассмотрены рабочей группой, и Рекомендации были обновлены там, где это было уместно. Рекомендации были представлены и утверждены Правлением ERC и Генеральной ассамблеей ERC в июне 2025 года.



Для целей данных Рекомендаций термин CPR (СЛР) относится к конкретным техническим навыкам сердечно-легочной реанимации (например, показатели эффективности компрессий грудной клетки и вентиляции), в то время как термин «реанимация» используется как общий термин, охватывающий более широкий спектр навыков и вмешательств. Термин «очевидец» используется для описания спасателей, которые оказались на месте происшествия, чтобы оказать помощь, а термин «первый ответчик» используется для тех, кто имеет дополнительную подготовку и был оповещен для прибытия на место остановки сердца. Специалисты в области здравоохранения определяются как те, кто работает в любом секторе здравоохранения (догоспитальном или стационарном). Непрофессионалы — это лица, не работающие в сфере здравоохранения. Базовая поддержка жизни определяется как инициирование цепи выживания, ранняя высококачественная компрессия грудной клетки, эффективная вентиляция и раннее использование AED (автоматического наружного дефибриллятора). Любая форма обучения реанимации, выходящая за рамки BLS, обобщенно описывается как расширенная поддержка жизни (неонатальная, педиатрическая и поддержка жизни взрослых). Когда используется термин «ALS», он относится конкретно к курсу расширенной поддержки жизни взрослых по версии ERC.

Рабочая группа по подготовке данных Рекомендаций Европейского совета по реанимации (ERC) 2025 года по реанимации в особых условиях учла недавно введенный подход ERC к разнообразию, равенству, справедливости и инклюзивности и применяла его по возможности, признавая, что это область для совершенствования в разработке основанных на доказательствах рекомендаций. ERC стремится развивать практику реанимации и улучшать уход за пациентами в глобальном масштабе (см. Рис. 1). В Таблице 1 показаны изменения в Рекомендациях по реанимации ERC в разделе "Особые состояния" с 2021 по 2025 год.



**Таблица 1 – В этой таблице представлен краткий обзор основных изменений в Руководстве ERC 2025 «Особые обстоятельства реанимации». Рекомендации из Руководства ERC 2021 по реанимации, не указанные здесь, остаются в силе и применимы.**

	Список изменений	
	Рекомендации 2021 г.	Рекомендации 2025 г.
<b>Анафилаксия</b>	Нет доказательств, которые поддерживали бы рутинное применение как кортикостероидов, так и антигистаминных препаратов.	Введение антигистаминных препаратов не должно задерживать введение адреналина. Не рекомендуется рутинное использование кортикостероидов.
<b>Реанимация при гипер/гипокалиемии и других электролитных нарушениях</b>	Защита сердца: Введите 10 мл 10% хлорида кальция внутривенно быстрым болюсом. Рассмотрите возможность повторного введения дозы, если остановка сердца рефрактерна или длительная.	Нет доказательств за или против использования внутривенного кальция при гиперкалиемии. ЭКГ – зарегистрировать до и после в/в введения кальция. Не рекомендуется рутинное использование бикарбоната натрия при лечении гиперкалиемии в случаях без остановки сердца. Алгоритм лечения гиперкалиемии пересмотрен – акцент на инициации калий-снижающей терапии. Добавлены рекомендации при остановке сердца.
<b>Гипертермия, злокачественная гипертермия и интоксикационная гипертермия</b>		Добавлена схема (иллюстрация) лечения злокачественной гипертермии. Добавлен раздел по интоксикационной гипертермии с таблицей.
<b>Случайная гипотермия и реанимация при сходе лавин.</b>	Разработаны / Внедрены системы оценки (шкалы).	Пересмотрена Швейцарская система стадирования гипотермии для случаев, когда невозможно измерить температуру ядра тела. Частота сердечных сокращений < 45/мин как новый критерий высокого риска остановки сердца, вызванной гипотермией. Критерии отбора для экстракорпоральной поддержки жизни не применяются для согревания пациентов с гипотермией в состоянии остановки сердца, например, при остановке сердца без свидетелей, асистолии как первичной аритмии. Новый алгоритм спасательных работ при сходе лавин.



### Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА)

#### Коронарный тромбоз.

Был рекомендован индивидуализированный подход, касающийся реперфузионной стратегии у пациентов с инфарктом миокарда без подъема сегмента ST. Было предложено проведение краткой оценки для исключения некоронарных причин и выполнение срочной коронарной ангиографии в случае подозрения на ишемию миокарда.

Алгоритм базовой поддержки жизни (BLS) при спасательных работах в лавинах для случаев с недостаточным количеством персонала на месте.

Добавлены конкретные схемы применения лекарств и дозировок.

Оцените 12-канальную электрокардиограмму (ЭКГ) после восстановления спонтанного кровообращения (ROSC) на предмет ишемических признаков и рассмотрите возможность повторного проведения, если результаты неоднозначны, поскольку дефибрилляция и время, прошедшее с момента ROSC, могут влиять на результаты. Новые доказательства высокого уровня достоверности из рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) не рекомендуют рутинную экстренную/раннюю коронарную ангиографию у стабильных пациентов без подъема сегмента ST (ST-элевации) или эквивалентных изменений на ЭКГ. Немедленная ангиография рекомендуется в случае гемодинамической нестабильности или подозрения на продолжающуюся ишемию. Показания для назначения антиагрегантной и антикоагулянтной терапии в данных условиях.

### Токсические агенты (токсины).

#### Травматическая остановка сердца (ТОС).

Установлен новый алгоритм. Внедрены инвазивные процедуры

Новое обновление по интоксикации опиоидами

Алгоритм уточнен. Роль компрессий грудной клетки определена. Роль РЕВОА (реанимационной эндоваскулярной баллонной окклюзии аорты) снижена / пересмотрена в сторону уменьшения значимости. Руководство по работе реанимационной бригады в РДМиЛ: адекватное радиационно-защитное оборудование, предварительное

#### Остановка сердца в РДМиЛ (в «кат-лабе»)

Упоминается, но не включена конкретно в алгоритм ведения. Ультразвуковое исследование у постели



больного может рассматриваться для выявления обратимых причин остановки сердца в данных условиях. Были даны общие рекомендации рассмотреть возможность использования механической СЛР, экстракорпоральной СЛР (ЭКСЛР) и устройств поддержки кровообращения в РДМиЛ.

оповещение хирургической бригады при необходимости, четкое определение ролей и возможность кардиологу сосредоточиться на корригирующих процедурах, а не на руководстве СЛР. Определяет тактику ведения выраженной брадикардии/асистолии, осложняющей инвазивные процедуры в РДМиЛ, рассмотрите возможность наружной или трансвенозной временной кардиостимуляции (включено в алгоритм ведения). Обновленные данные о роли ультразвукового исследования у постели больного (POCUS) и конкретные показания к использованию чреспищеводной эхокардиографии в данных условиях. Обновленные данные о роли механической СЛР, экстракорпоральной СЛР и устройств поддержки кровообращения в РДМиЛ, с конкретными показаниями при остановке сердца в данных условиях. Новые ограниченные данные об использовании внутрикоронарного адреналина как альтернативного пути введения при остановке сердца в катетеризационной лаборатории, подчеркивая необходимость дальнейших исследований.

<b>Утопление</b>	Персонал первого реагирования не включён.	Введение роли персонала первого реагирования в реанимации при утоплении. Уточнения по некоторым темам, таким как роль очевидцев во время спасательных работ, стабилизация позвоночника и акцент на проведении искусственной вентиляции лёгких очевидцами и первыми ответчиками.
<b>Остановка сердца в операционной.</b>	Менее подробно	Внезапное снижение систолического давления (САД) < 50 мм рт. ст., несмотря на проводимые вмешательства,



является критерием для начала компрессий грудной клетки. Более низкая начальная доза адреналина внутривенно и ступенчатое титрование дозы при периперационной остановке сердца. Ранняя ЭКСЛР для пациентов с отсроченным восстановлением СК). Прямой массаж сердца (компрессии через вскрытую грудную клетку) как опция исключительно для обученных медицинских специалистов. Акцент на развитии человеческого фактора.

<b>Системная токсичность местных анестетиков.</b>	Алгоритм лечения отсутствует / не представлен.	Новый детализированный алгоритм
<b>Реанимация в кардиохирургии и у пациентов с устройством поддержки левого желудочка (УПЛЖ).</b>	Пациенты с устройством поддержки левого желудочка не рассматриваются	Пересмотренный алгоритм действий при остановке сердца после кардиохирургической операции Добавлен алгоритм действий при остановке сердца у пациентов с устройством поддержки левого желудочка
<b>Остановка сердца во время занятий спортом.</b>	Краткий обзор	Более надежные и комплексные данные о частоте случаев и выживаемости. Характеристика причин по возрастной группе ( $\pm 35$ лет). Осведомленность о риске у спортсменов-любителей и непрофессиональных спортсменов. Конкретные рекомендации для мероприятий с высокой посещаемостью или транслируемых по телевидению.
<b>Реанимация во время транспортировки</b>	Ограничено командным подходом в службе неотложной медицинской помощи	Новая подглава "Службы неотложной медицинской помощи" включает первоначальный подход бригад расширенной поддержки жизни (ALS) из двух человек, вертолетную экстренную медицинскую службу (HEMS) и санитарную авиацию, а также использование артериальной линии в догоспитальных условиях. Остановка сердца на борту воздушного судна теперь



<b>Астма и ХОБЛ</b>		дополнена проведением сердечно-легочной реанимации (СЛР) в условиях микрогравитации.
<b>Реанимация у пациентов на гемодиализе.</b>	Акцент на отделении гемодиализа	Новый сокращенный алгоритм. Теперь основное внимание уделяется пациентам на гемодиализе Инфографика по проведению реанимации во время диализа.
<b>Реанимация у пациентов с ожирением.</b>		Нет различий — рекомендованы стандартные алгоритмы базовой и расширенной поддержки жизни
<b>Реанимация у пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки</b>	Не рассматривается	Уменьшенная глубина компрессий грудной клетки до 3–4 см. Для проведения эффективных компрессий грудной клетки в случае коррекции пластиной Нусса требуется повышенное усилие. Использование передне-заднего расположения электродов для дефибрилляции.
<b>Реанимация при беременности</b>	Определяет материнскую остановку сердца как происходящую во время беременности и в течение до 6 недель после родов. Рекомендует ручное смещение матки влево; левый латеральный наклон обсуждается с оговорками. Рекомендует родоразрешение в течение 5 минут после коллапса, если нет ROSC. Использование 4Н и 4Т.	Приложение к алгоритму ALS, представляющее обратимые причины, специфичные для матери ("4Р": преэклампсия/эклампсия, послеродовой сепсис, плацентарные/маточные проблемы, перипартальная кардиомиопатия), добавляет глобальную статистику смертности и подчеркивает, что беременность может быть клинически неочевидной. Предлагает ручное смещение в качестве предпочтительного метода из-за практической целесообразности. Смещает акцент с интервала в 5 минут; подчеркивает немедленную подготовку к реанимационной гистеротомии. Практическая рекомендация удалять мониторы плода для предотвращения ожогов. Внутривенный/внутрикостный доступ выше диафрагмы, когда это возможно.

## Краткие клинические рекомендации

### Общие рекомендации



Начинайте реанимацию в соответствии со стандартным алгоритмом Расширенной поддержки жизни (ALS) при остановке сердца.

Всегда устраняйте гипоксию, гиповолемию, электролитные нарушения, гипотермию, тампонаду сердца, напряженный пневмоторакс, тромбоз и токсические агенты.

При возможности уделите приоритетное внимание лечению обратимых причин, даже если компрессии грудной клетки будут ненадолго прерваны.

#### ОСОБЫЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ПРИ РЕАНИМАЦИИ ВЗРОСЛЫХ КЛЮЧЕВЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ



Рисунок 1. Основные положения Руководства ERC 2025 Особые обстоятельства при реанимации.

## Особые причины

### *Тактика ведения и профилактики остановки сердца, вызванной анафилаксией*

- Своевременное распознавание анафилаксии имеет решающее значение.
- Распознавайте анафилаксию по наличию проблем с проходимость дыхательных путей, дыханием или кровообращением, с кожными проявлениями и изменениями слизистых оболочек или без них.



- Устраните или прекратите воздействие триггера, если это возможно немедленно.
- При первом подозрении на анафилаксию немедленно введите 0.5 мг адреналина внутримышечно и повторите введение, если в течение 5 минут не наступит улучшения. Как можно раньше начните болюсное введение кристаллоидного раствора внутривенно и контролируйте ответную реакцию.

### **Гипер-/гипокалиемия и другие электролитные нарушения**

#### *Гиперкалиемия (Рис. 2)*

- Перемещение калия в клетки
  - Введите 10 ЕД простого инсулина и 25 г глюкозы в/в для лечения умеренной и тяжелой гиперкалиемии. При уровне глюкозы в крови до лечения  $< 7$  ммоль/л назначьте инфузию 10% глюкозы со скоростью 50 мл/ч в течение 5 часов.
  - Назначьте сальбутамол в виде небулайзера (10–20 мг) при умеренной и тяжелой гиперкалиемии в качестве дополнения к инсулин-глюкозной терапии.
- Устранение эффектов гиперкалиемии
  - Применяйте 10 мл 10% хлорида кальция внутривенно у пациентов с тяжелой гиперкалиемией с изменениями на ЭКГ.
  - Вводите 10 мл 10% хлорида кальция и 50 ммоль бикарбоната натрия внутривенно по отдельным линиям или с промывкой между введениями при лечении остановки сердца, вызванной гиперкалиемией.
  - Выведение калия из организма
- Назначьте циркония циклосиликат натрия 10 г перорально.
  - Рассмотрите диализ для пациентов с рефрактерной тяжелой гиперкалиемией.



- Рассмотрите экстракорпоральную сердечно-легочную реанимацию (ЭКСЛР) в соответствии с местными протоколами, если первоначальная попытка реанимации не увенчалась успехом.

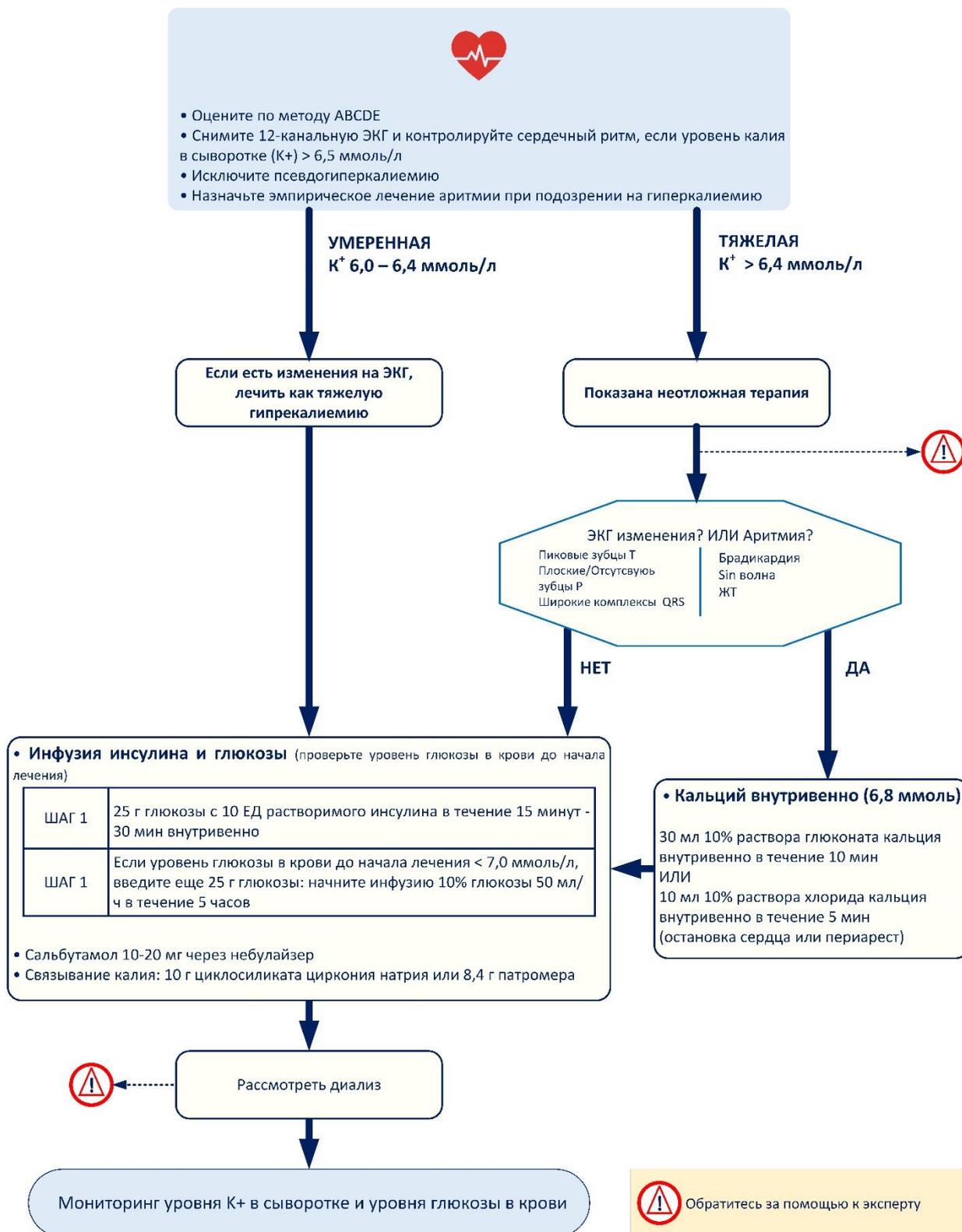


Рисунок 2. Алгоритм лечения гиперкалиемии у взрослых.

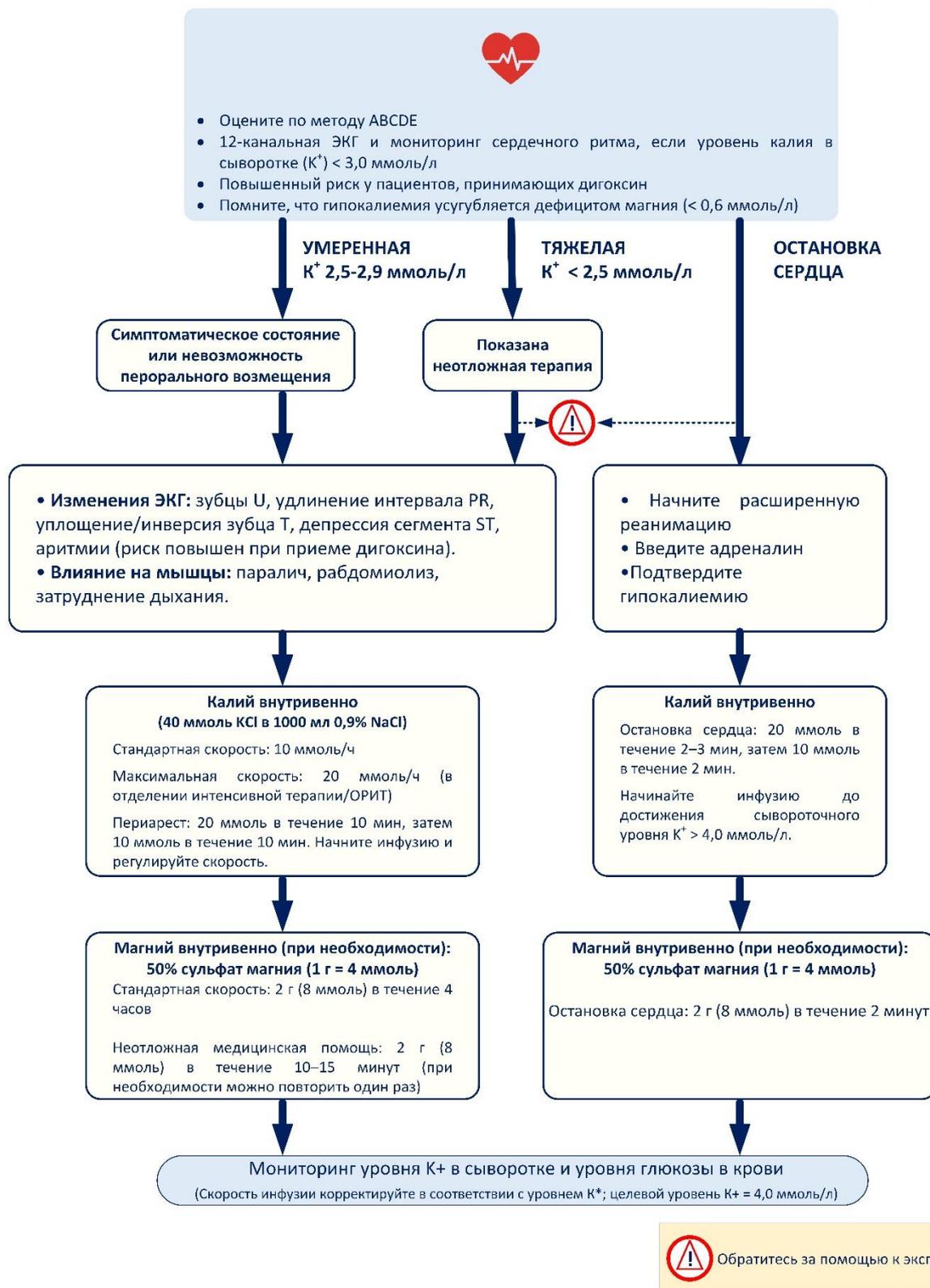


Рисунок 3. Алгоритм лечения гипокалиемии у взрослых.



### *Гипокалиемия*

- Лечение зависит от тяжести гипокалиемии, наличия симптомов и/или отклонений на ЭКГ.
- При необходимости восполните дефицит калия и одновременно скорректируйте дефицит магния.
- Введите 20 ммоль хлорида калия внутривенно в течение 2–3 минут, затем 10 ммоль в течение 2 минут при остановке сердца, вызванной гипокалиемией, после чего контролируйте уровень  $K^+$  и соответствующим образом отрегулируйте скорость инфузии.

### **Гипертермия, злокачественная гипертермия и интоксикационная гипертермия**

#### *Гипертермия*

- ○Измеряйте температуру ядра тела для определения тактики лечения.
- ○Переместите пациента в прохладную среду.
- ○Простое внешнее охлаждение может включать кондуктивные, конвективные и испарительные мероприятия (см. Рекомендации ERC 2025 по первой помощи).<sup>3</sup>
- ○При тепловом обмороке и тепловом истощении достаточно быстрого перемещения в прохладное место, простого внешнего охлаждения и введения жидкостей.
- ○При тепловом ударе отдавайте приоритет активным методам охлаждения, обеспечивающим наиболее быструю скорость охлаждения, таким как приложение льда и погружение в холодную воду (Рис. 3).

#### *Злокачественная гипертермия*



**QR-код. 1 – Алгоритм действий при злокачественной гипертермии.**

Лечение злокачественной гипертермии, модифицировано на основе (Hopkinsetal., 2021) и (KollmanCamaioraetal., 2017).

- Прекратите воздействие триггерных агентов. Это включает и удаление испарителя, замену дыхательного контура аппарата ИВЛ.
- Введите 2.5 мг/кг дантролена внутривенно как можно скорее.



- Начните активное охлаждение.
- Подавайте 100% кислород и стремитесь к нормокапнии с помощью гипервентиляции.
- Замените аппарат ИВЛ. Если замена аппарата невозможна, замените угольные фильтры.
- Свяжитесь с центром по лечению злокачественной гипертермии для консультации и дальнейшего наблюдения.

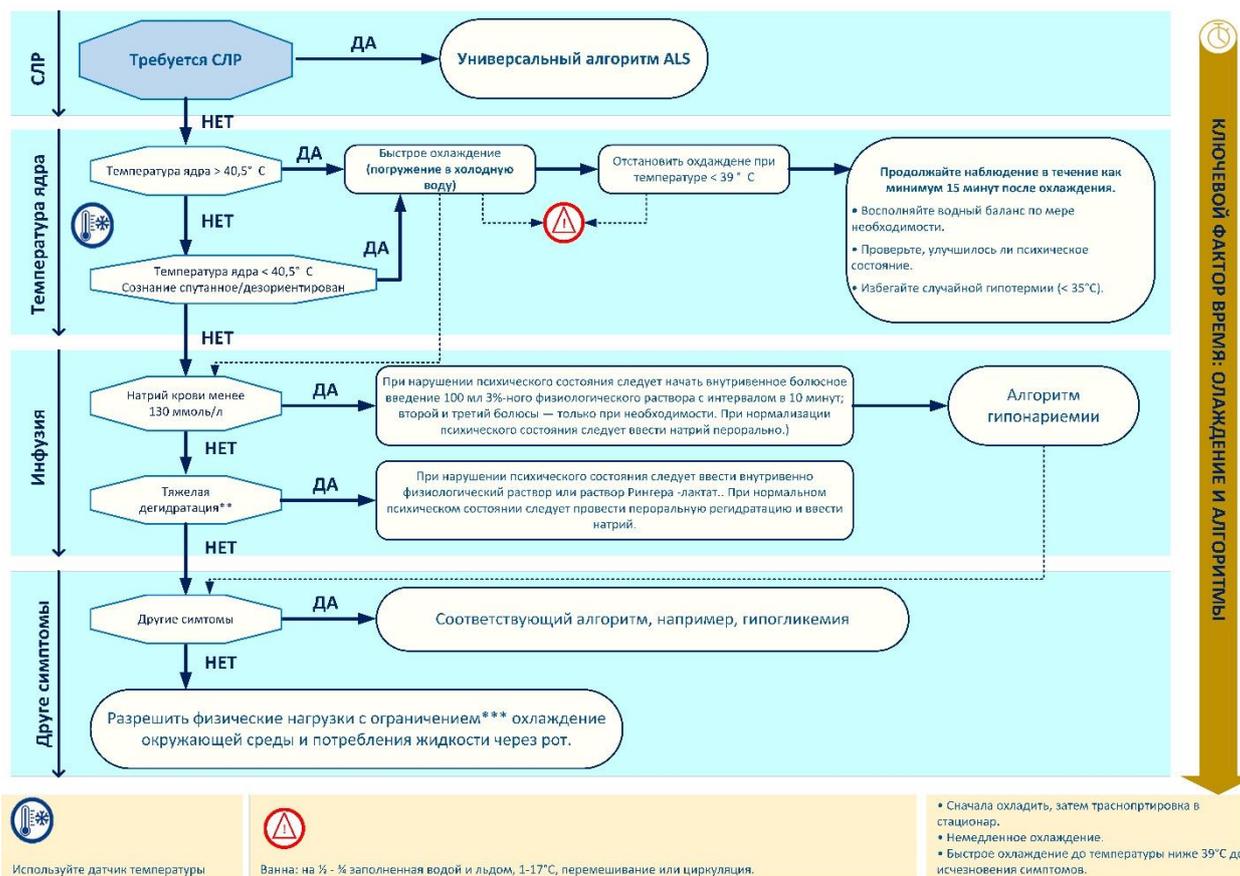


Рисунок 4.– Неотложная помощь при гипертермии.

Примечание: \*Температуру тела следует измерять, например, ректальным или пищеводным методом. \*\* Сухость во рту, жажда, гипотензия. \*\*\*Рекомендации по возвращению к активности после диагностики теплового удара при физической нагрузке и черепно-мозговой травмы при физической нагрузке были недавно опубликованы в других источниках. <sup>96,99</sup>

### Инттоксикационная гипертермия

- Сведите к минимуму воздействие и абсорбцию токсина.
- Применяйте методы активного охлаждения. Жаропонижающие средства не эффективны, так как центральные механизмы терморегуляции нарушены под воздействием токсинов.



## Случайная гипотермия и спасательные работы при сходе лавин

### *Случайная гипотермия*

- Проверьте витальные признаки до одной минуты у пациента без сознания с гипотермией (Рис. 5).
- Измеряйте температуру ядра с помощью низкотемпературного термометра для диагностики случайной гипотермии.
- Используйте Швейцарскую систему стадирования, если невозможно измерить температуру ядра.
- Переводите пациентов с гипотермией с факторами риска остановки сердца и тех, кто находится в состоянии остановки сердца, непосредственно в центр экстракорпоральной поддержки жизни (ЭКСЛР) для согревания.
- Отложите СЛР или применяйте прерывистую СЛР у пациентов с гипотермической остановкой сердца с температурой ядра ниже 28 °С, когда немедленная или непрерывная СЛР невозможна.
- Отложите дальнейшие попытки дефибрилляции, если фибрилляция желудочков (ФЖ) сохраняется после трех разрядов, до достижения температуры ядра > 30 °С.
- Ниже 30 °С адреналин будет накапливаться и может оказывать более вредное, чем благоприятное воздействие. Введите 1 мг адреналина внутривенно однократно для облегчения восстановления спонтанного кровообращения (ROSC), если не планируется немедленное начало ЭКСЛР.
- Увеличьте интервалы введения адреналина до 6–10 минут, если температура ядра составляет 30–35 °С.
- Рассмотрите возможность использования устройства механической СЛР, если транспортировка откладывается, или при сложностях с рельефом местности.
- Основывайте стационарный прогноз успешного согревания на шкале прогноза исхода гипотермии после экстракорпоральной поддержки жизни (НОРЕ).



- Согревайте пациентов с гипотермией и остановкой кровообращения с помощью вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации (VA-ECMO).
- Начните согревание без экстракорпоральной поддержки жизни, если до центра ЭКСЛР невозможно добраться в разумные сроки (например, 6 ч).

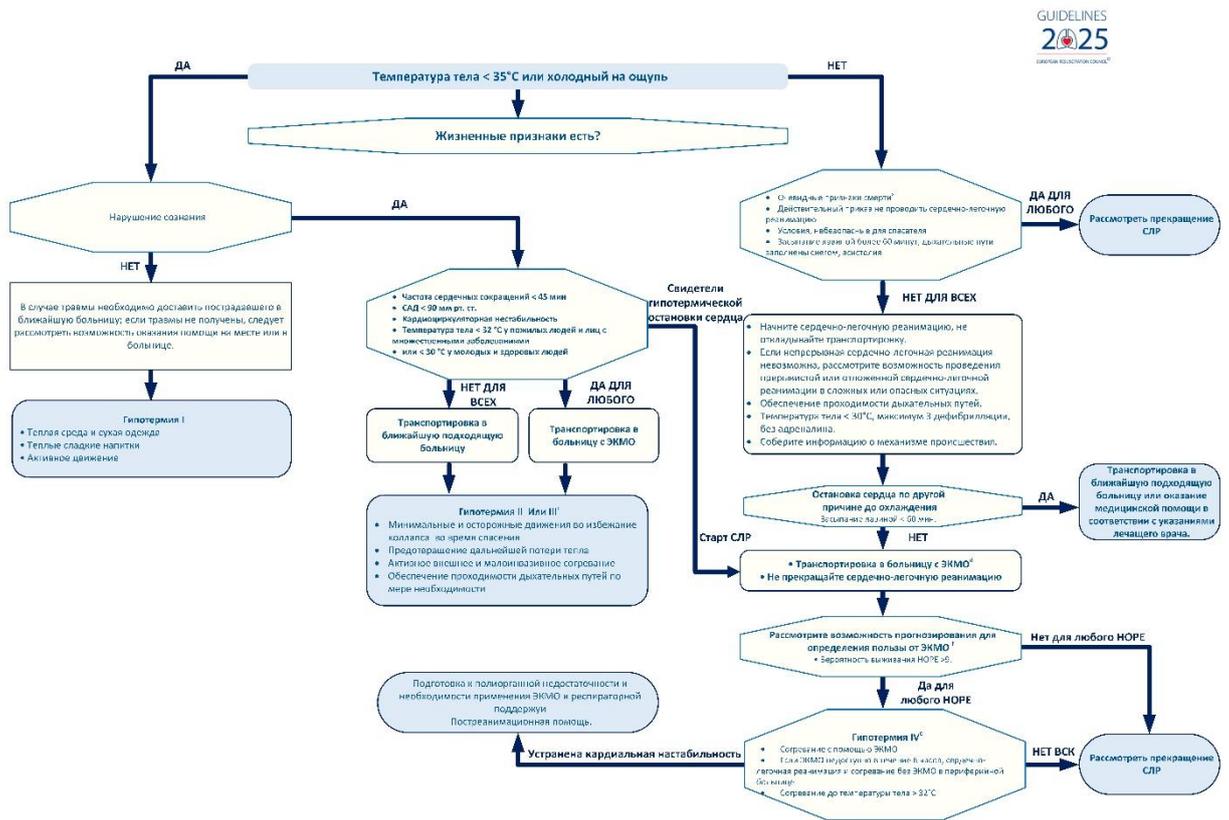


Рисунок 5. Экстренное лечение случайной гипотермии.

<sup>a</sup>. Обезлаивание; рассечение туловища; полное разложение тела или полное замерзание тела (грудная стенка не сжимается). <sup>b</sup>. Систолическое артериальное давление  $< 90$  мм рт. ст. является разумной догоспитальной оценкой кардиоциркуляторной нестабильности, но для принятия решений в стационаре минимальный достаточный уровень кровообращения для пациента <sup>c</sup> глубокой гипотермией (например,  $< 28^{\circ}\text{C}$ ) не определен. <sup>c</sup>. Швейцарская классификация стадий случайной гипотермии. <sup>d</sup>. При остановке гипотермии рекомендуется прямая транспортировка в центр ЭКМО. В отдаленных районах при принятии решений о транспортировке следует учитывать как риск увеличения времени транспортировки, так и потенциальную пользу лечения в центре ЭКМО. Транспортировку следует начинать, если до такого центра можно добраться в течение 6 часов. <sup>e</sup>. Теплое окружение, химические, электрические или воздушные грелки или одеяла, а также теплые внутривенные жидкости ( $38\text{--}42^{\circ}\text{C}$ ). В случае нестабильности сердечной деятельности, не поддающейся медикаментозному лечению, следует рассмотреть возможность согревания с помощью экстракорпоральной поддержки жизнедеятельности. Если принято решение остановиться в промежуточной больнице для измерения уровня калия в сыворотке крови, следует выбрать больницу по пути в центр экстракорпоральной поддержки жизнедеятельности. Шкала NOPE <sup>156,158,162</sup> не должна использоваться у детей; вместо этого следует рассмотреть возможность консультации специалиста. ECLS (экстракорпоральная поддержка жизнедеятельности), ROSC (восстановление спонтанного кровообращения), SBP (систолическое артериальное давление).



## Спасательные работы при сходе лавин

- Решение о начале СЛР при остановке сердца основывайте на температуре ядра, времени нахождения под завалом и проходимости дыхательных путей (Рис. 6).
- Рассмотрите возможность действий по алгоритму AvaLife при массовых сходах лавин, когда присутствуют только спасатели, владеющие базовой реанимацией (BLS), и количество спасателей недостаточно.

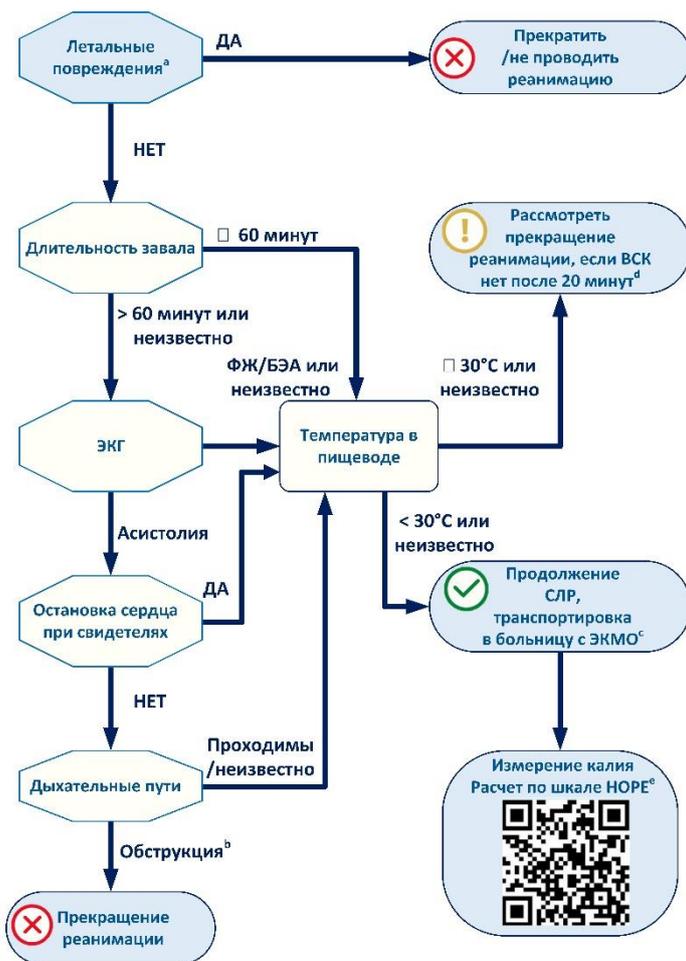


Рисунок 6. Алгоритм принятия решений для оказания расширенной помощи пострадавшим от обрушения лавины в критическом состоянии при остановке сердца.<sup>188</sup>

<sup>a</sup> Обезглавливание, пересечение туловища, полное разложение тела. <sup>b</sup> Обструкция или закупорка дыхательных путей требует полного заполнения носа и рта плотным снегом или обломками. <sup>c</sup> При глубокой гипотермии (<28 °C), если спасение слишком опасно, следует рассмотреть отложенную СЛР, а если транспортировка затруднена, следует рассмотреть прерывистую СЛР. <sup>d</sup> Если измерение температуры тела недоступно, по усмотрению спасателя может быть рассмотрена гипотермическая остановка сердца, несмотря на продолжительность нахождения под снегом менее 60 мин у пострадавшего с проходимыми дыхательными путями и отсутствием признаков жизни, если существует вероятность очень быстрого охлаждения (например, нахождение под снегом во время подъема, низкий индекс массы тела или низкий рост, минимальная одежда, потливость перед нахождением под снегом). <sup>e</sup> Прогнозирование успешного согревания пострадавшего от лавины в стационаре должно включать оценку вероятности выживания с использованием шкалы NOPE. Если есть сомнения в том, что пострадавший от лавины мог задохнуться, несмотря на критическое нахождение под снегом, следует рассчитать шкалу NOPE, используя вариант «БЕЗ АСФИКСИИ». Это снизит риск недостаточного лечения. Если шкалу NOPE определить невозможно, вместо нее можно использовать комбинацию калия < 7 ммоль/л и температуры < 30 °C, чтобы помочь определить необходимость согревания с помощью ЭКМО.



## Тромбоз

### *Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА)*

- Рассматривайте возможность ТЭЛА у всех пациентов с внезапным началом прогрессирующей одышки и отсутствием известных заболеваний сердца или легких.
- Снимите 12-канальную ЭКГ (исключите острый коронарный синдром, ищите признаки перегрузки правого желудочка).
- Выявите гемодинамической нестабильности и тромбоэмболии легочной артерии высокого риска.
- Выполните постельную эхокардиографию.
- Начните антикоагулянтную терапию (гепарин 80 МЕ/кг в/в) в процессе диагностики, при отсутствии признаков кровотечения или абсолютных противопоказаний.
- Подтвердите диагноз с помощью компьютерно-томографической ангиографии легких.
- Рассмотрите хирургическую эмболэктомию или катетерное лечение как альтернативу тромболитической терапии спасения у пациентов с быстрым ухудшением состояния.

### *Остановка сердца вследствие тромбоэмболии легочной артерии.*

- Низкие значения  $ETCO_2$  (<1,7 кПа/13 мм рт.ст.) при выполнении высококачественных компрессий грудной клетки могут поддерживать диагноз ТЭЛА, хотя это и неспецифический признак.
- Применяйте фибринолитические препараты при остановке сердца, когда ТЭЛА является предполагаемой причиной остановки сердца.
- Применяйте фибринолитические препараты или хирургическую эмболэктомию, или чрескожную механическую тромбэктомию при остановке сердца, когда ТЭЛА является установленной причиной остановки сердца.
- Рассмотрите ЭКСЛР как терапию спасения для отдельных пациентов с остановкой сердца, когда традиционная СЛР неэффективна, в условиях, где она может быть реализована.



- Создайте мультидисциплинарную команду для принятия решений по ведению тромбоэмболии легочной артерии высокого риска в зависимости от местных ресурсов.

### *Коронарный тромбоз*

- Усильте санитарное просвещение для распознавания симптомов и минимизации задержек в обращении за медицинской помощью.
- Содействуйте обучению базовой реанимации (BLS) потенциальных спасателей из групп высокого риска.
- Укрепляйте региональные сети для обеспечения своевременного чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ).
- Транспортируйте пациента в центр, обладающий возможностями для ЧКВ, и активируйте существующие сети STEMI в случае подъема сегмента ST или подозрения на продолжающуюся ишемию.
- У пациентов с устойчивым восстановлением спонтанного кровообращения (ROSC) и подъемом сегмента ST на ЭКГ:
  - выполните немедленную коронарную ангиографию (и ЧКВ при необходимости) в течение 120 минут с момента постановки диагноза.
  - рассмотрите фибринолиз в догоспитальных условиях и в учреждениях, не обладающих возможностями для ЧКВ, если ожидается большая задержка.
- У пациентов с устойчивым восстановлением спонтанного кровообращения ROSC и без подъема сегмента ST на ЭКГ:
  - рассмотрите немедленную коронарную ангиографию (и ЧКВ при необходимости), если пациент гемодинамически нестабилен или имеются признаки продолжающейся ишемии.
  - у стабильных пациентов без признаков ишемии экстренная оценка в условиях отделения РДМиЛ не должна быть систематической и может быть отложена, если нет высокой вероятности острой коронарной окклюзии.
  - Проведите оценку некоронарных причин, если клинический контекст указывает на альтернативную этиологию остановки.



- Если только продолжающаяся реанимация не считается бесперспективной, транспортируйте пациентов без устойчивого восстановления спонтанного кровообращения ROSC при продолжающейся СЛР в центр ЧКВ для рассмотрения вопроса об ангиографии или ЭКСЛР в зависимости от доступных ресурсов и опыта команды.



Рисунок 7. Ведением при токсическом воздействии.

### Токсические агенты

- Обеспечьте собственную безопасность (Рис. 7), так как прямой контакт с кожей (например, вентиляция методом «рот-в-рот») может привести к передаче токсических агентов.
- Оцените всех пациентов с остановкой сердца на возможную интоксикацию.



- Снизьте абсорбцию, рассмотрите возможность применения специфических лечебных мер, таких как антитоды, деконтаминация и усиленная элиминация.
- Вводите антитоды, при их наличии, как можно скорее.
- Будьте готовы продолжать реанимацию в течение продолжительного периода времени, так как концентрация токсина может снижаться по мере его метаболизма или выведения в ходе продолжительных реанимационных мероприятий.
- Консультируйтесь с региональными или национальными центрами по лечению отравлений для получения информации о лечении отравленного пациента.

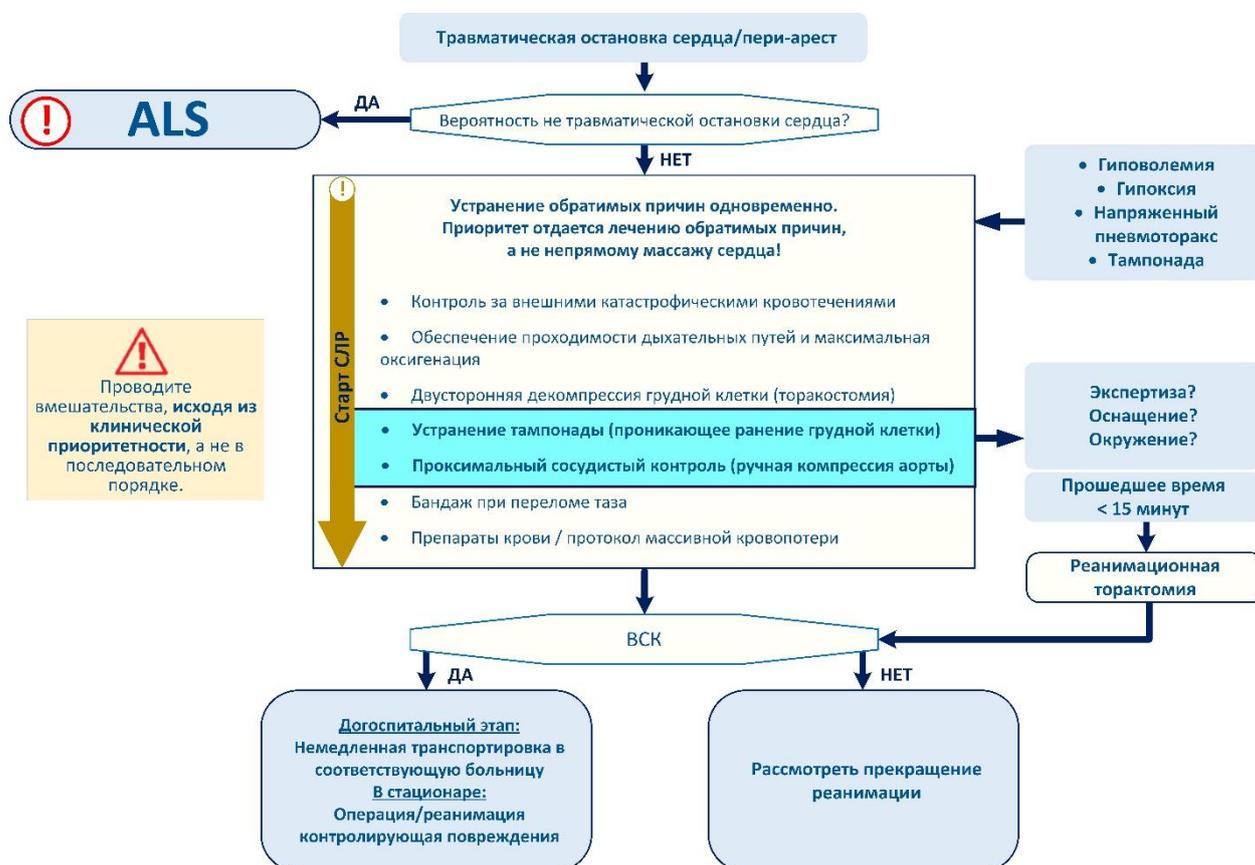


Рисунок 8. Алгоритм лечения травматической остановки сердца.

Этот алгоритм следует использовать для руководства действиями при травматической остановке сердца (ТОС) и у пациентов с травмой в пери-арестном периоде, находящихся на грани циркуляторного коллапса. В отличие от последовательных алгоритмов ALS, он представляет собой основу для принятия решений, зависящих от контекста, относительно клинически приоритетных вмешательств. Цель состоит в лечении наиболее неотложной, обратимой причины на основе индивидуализированного подхода (например, пациентам с тампонадой сердца необходима срочная торакотомия; пациентам с переломом таза в геморрагическом шоке, но со стабильными дыхательными путями, может быть полезнее немедленное наложение тазового бандажа и быстрая транспортировка без вмешательства на дыхательные пути).



## **Травматическая остановка сердца (ТОС)**

- Травматическая остановка сердца отличается от остановки сердца, вызванной медицинскими причинами; это отражено в алгоритме лечения (Рис. 8).
- Реакция на травматическую остановку сердца критически зависит от времени, и успех зависит от хорошо налаженной цепи выживания, включая целенаправленную догоспитальную помощь и специализированную помощь в травматологическом центре.
- Раннее и агрессивное устранение обратимых причин (например, остановка кровотечения, обеспечение проходимости дыхательных путей, декомпрессия грудной клетки) является критически важным для выживания.
- УЗИ помогает определить причину остановки сердца и направляет реанимационные мероприятия.

## **Особые условия**

### **Остановка сердца в отделении РДМиЛ**

- Обеспечьте надлежащее обучение персонала техническим навыкам и расширенной поддержке жизни (ALS) и рассмотрите возможность проведения периодических тренировок по чрезвычайным ситуациям.
- Убедитесь, что аварийное оборудование легко доступно и функционирует.
- Тщательно планируйте плановые процедуры, чтобы минимизировать потенциальные осложнения и способствовать использованию контрольных списков безопасности.
- Рассмотрите возможность проведения эхокардиографии в случае гемодинамической нестабильности или подозрения на осложнение.
- Проводите реанимацию в соответствии с алгоритмом ALS, НО модифицируйте:
  - Проводите 3 последовательных разряда в случае шокового ритма.
  - Рассмотрите возможность наружной или транвенозной стимуляции при выраженной брадикардии.



- Рассмотрите, в отдельных случаях, в зависимости от клинической ситуации, опыта команды и доступности:
  - Механическую СЛР, если ручная компрессия невозможна или небезопасна для спасателя;
  - Экстракорпоральную СЛР у отдельных пациентов с рефрактерной остановкой сердца, особенно если это позволяет выполнить критические вмешательства для устранения обратимых причин.
  - Устройства механической поддержки кровообращения для отдельных пациентов с кардиогенным шоком после достижения ROSC.

### **Остановка сердца в операционной**

- Предотвращайте и снижайте риск остановки сердца с помощью предоперационного скрининга и выявления пациентов высокого риска, четкого взаимодействия с хирургами относительно потенциально критических этапов операции, расширенного мониторинга и постоянного присутствия анестезиолога во время нестабильного состояния пациента.
- Начиная компрессии грудной клетки, если систолическое артериальное давление внезапно снижается ниже 50 мм рт.ст., в сочетании с падением концентрации углекислого газа в конце выдоха (ETCO<sub>2</sub>), несмотря на соответствующие вмешательства.
- Немедленно информируйте хирурга и команду операционной об остановке сердца.
- Начните высококачественные компрессии грудной клетки и отрегулируйте высоту операционного стола для улучшения эргономики работы.
- Убедитесь в проходимости дыхательных путей, проверьте кривую ETCO<sub>2</sub> и обеспечивайте эффективную вентиляцию, подавая 100% кислород. Исключите нераспознанную интубацию пищевода.
- Используйте УЗИ для управления реанимацией, устраняя обратимые причины.
- Исключите напряженный пневмоторакс.



- Рассмотрите раннюю экстракорпоральную сердечно-легочную реанимацию как метод терапии для отдельных пациентов, когда традиционная СЛР неэффективна.
- Обученные медицинские специалисты могут рассмотреть возможность прямого массажа сердца через вскрытую грудную клетку в определенных случаях как альтернативу, если ЭКСЛР недоступна.
- Человеческий фактор крайне важен для улучшения выживаемости при интраоперационной остановке сердца обеспечьте освоение оборудования, распределение задач и ролей во время предоперационных брифингов хирургической команды и включите периоперационную остановку сердца в мультидисциплинарные и межпрофессиональные тренинги, симуляции на месте и курсы расширенной поддержки жизни.

### ***Системная токсичность местных анестетиков***

- Прекратите введение местного анестетика, если это возможно.
- Гипервентилируйте пациента для повышения рН плазмы при наличии метаболического ацидоза.
- Введите более низкую дозу адреналина (1 мкг/кг вместо болюса 1 мг внутривенно).
- Введите начальный болюс 20% липидной эмульсии внутривенно в дозе 1,5 мл/кг в течение 1 минуты с последующей инфузией со скоростью 0,25 мл/кг/мин, не превышая максимальную кумулятивную дозу 12 мл/кг 20% липидной эмульсии внутривенно.
- Если восстановление спонтанного кровообращения не достигнуто в течение 5 минут, удвойте скорость липидной инфузии и введите максимум два дополнительных болюса липидов с 5-минутными интервалами до достижения ROSC.
- Рассмотрите возможность пролонгированной реанимации (>1 часа) и ЭКСЛР.
- Купируйте судороги введением бензодиазепинов.



## ***Кардиохирургия***

- Подтвердите остановку сердца по клиническим признакам и отсутствию пульса на волновой форме давления.
- Рассмотрите возможность применения УЗИ для выявления обратимых причин.
- Проведите до 3 последовательных разрядов при ФЖ/ЖТ без пульса.
- Используйте эпикардальную стимуляцию с максимальной мощностью при асистолии или выраженной брадикардии.
- Выполните рестернотомию в течение 5 минут, независимо от местоположения пациента, до 10 дней после операции.
- Выполняйте прямой массаж сердца после вскрытия грудной клетки.
- Снизьте дозу адреналина внутривенно (0,05–0,1 мг).
- Рассмотрите ЭКСЛР при продолжительной реанимации или в случаях минимально инвазивных вмешательств, когда повторное вскрытие может быть отсрочено.

## ***Пациенты с устройством поддержки левого желудочка (ЛВЖД)***

- Немедленно активируйте специализированные бригады при бессознательном состоянии пациента с ЛВЖД.
- Начните СЛР, одновременно пытаясь восстановить работу устройства, если доступно несколько спасателей.
- Рассмотрите возможность отсрочки СЛР до 2 минут для попытки восстановления работы устройства, если присутствует только один спасатель.
- Устранение неисправностей устройства является приоритетной задачей в соответствии с соответствующими протоколами.

## ***Остановка сердца во время занятий спортом***

- Скрининг как метод первичной профилактики играет важную роль, но остается спорным.
- Все спортивные и тренировочные объекты должны проводить оценку рисков, которая учитывает вероятность и последствия остановки сердца, и внедрять стратегии снижения рисков.



- Обеспечьте немедленный и безопасный доступ к игровому полю.
- Доказано, что программы повышения осведомленности на спортивных мероприятиях являются жизнеспособным методом для привлечения внимания целевых групп, еще не вовлеченных в проблему остановки сердца.



Рисунок 9. Проведение сердечно-легочной реанимации после утопления для спасателей, обязанных оказать помощь.



### ***Службы неотложной медицинской помощи***

- Медицинским специалистам следует проводить реанимацию на месте происшествия, а не осуществлять транспортировку в отделении реанимации с продолжающейся реанимацией, если нет соответствующих показаний, оправдывающих транспортировку (для обеспечения перехода к стационарному лечению).
- Рассмотрите возможность применения механической СЛР для транспортировки с продолжающейся реанимацией.
- Рассмотрите возможность измерения инвазивного артериального давления для управления реанимацией и постреанимационной помощью уже на догоспитальном этапе, если это осуществимо.
- Системам ЭМП следует использовать регистры и данные, предоставляемые оборудованием (например, дефибрилляторами), для проведения разборов случаев и непрерывного улучшения качества.

### ***Остановка сердца на борту самолета и реанимация в условиях микрогравитации***

#### ***Остановка сердца на борту самолета***

- Следует обратиться за помощью к медицинскому специалисту (объявление по бортовой системе связи).
- Спасатель должен встать на колени в пространстве для ног перед креслами у прохода для проведения компрессий грудной клетки, если пациента невозможно переместить в течение нескольких секунд в зону с достаточным свободным пространством на полу (например, в камбуз).
- Проведение СЛР сверху (Overhead-CPR) является возможным вариантом в условиях ограниченного пространства.
- Обеспечение проходимости дыхательных путей должно основываться на имеющемся оборудовании и опыте спасателя.
- Если по запланированному маршруту самолет пролетает над зоной, где невозможно достичь аэропорта в течение длительного времени, и существует высокая вероятность восстановления спонтанного кровообращения (ROSC) в ходе продолжающейся реанимации, рассмотрите возможность раннего изменения маршрута.



- Оцените риски изменения маршрута, если восстановление спонтанного кровообращения маловероятно, и дайте соответствующие рекомендации экипажу.
- Если СЛР прекращена (ROSC не достигнуто), медицинской необходимости в изменении маршрута полета нет — следуйте правилам авиакомпании.



Рисунок 10. Остановка сердца во время диализа.

### Реанимация в условиях микрогравитации

- Обеспечение проходимости дыхательных путей, дефибрилляция и внутривенный/внутрикостный доступ аналогичны наземной расширенной поддержке жизни, но только после надежной фиксации пациента.



- Рассмотрите возможность применения механической СЛР.
- Используйте поддержку телемедицины во время остановки сердца на низкой околоземной орбите, если это осуществимо и позволяют человеческие ресурсы.
- Решение о прекращении реанимации должен принимать член экипажа с наивысшей медицинской квалификацией, консультируясь со службой телемедицины.

### ***Круизный лайнер***

- Немедленно задействуйте все медицинские ресурсы (персонал, оборудование).
- Активируйте службу экстренной медицинской помощи с вертолетом, если судно находится близко к побережью.
- Рассмотрите возможность раннего подключения телемедицинской поддержки.
- Имейте на борту все необходимое оборудование для расширенной поддержки жизни.
- В случае недостаточного количества медицинских работников для лечения остановки сердца вызовите дополнительный медицинский персонал через объявление по судовой системе.

## **Особые группы пациентов**

### ***Бронхиальная астма и хроническая обструктивная болезнь легких***

- Лечите угрожающую жизни гипоксию 100% кислородом.
- Проверьте наличие признаков (напряженного) пневмоторакса.
- Выполните эндотрахеальную интубацию (в связи с необходимостью использования высокого давления вдоха).
- Рассмотрите возможность ручной декомпрессии и отсоединения от аппарата ИВЛ для управления динамической гиперинфляцией.
- Рассмотрите возможность применения ЭКСЛР в соответствии с местными протоколами, если первоначальные реанимационные усилия не увенчались успехом.



### **Остановка сердца у пациентов на гемодиализе**

- Назначьте обученную диализную медсестру или технического специалиста для управления аппаратом диализа.
- Прекратите диализ и верните объем крови пациенту с помощью болюса жидкости.
- Отсоедините от аппарата диализа (если он не защищен от дефибрилляции) и остерегайтесь влажных поверхностей.
- Оставьте доступ для диализа открытым и используйте его для введения лекарств.
- Диализ может потребоваться в раннем постреанимационном периоде.

### **Реанимация у пациентов с ожирением**

- Пациенты с ожирением должны получать стандартное реанимационное лечение – не требуется отклонения от стандартных протоколов базовой и расширенной поддержки жизни.

### **Реанимация у пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки**

- Рассмотрите возможность уменьшения глубины компрессий грудной клетки до 3–4 см.
- В случае коррекции пластиной Нусса для проведения эффективных компрессий грудной клетки требуется существенно увеличить усилие.
- Рассмотрите возможность раннего применения ЭКСЛР, если компрессии грудной клетки неэффективны.
- Используйте передне-заднее расположение электродов для дефибрилляции со стандартными уровнями энергии.

### **Остановка сердца при беременности**

- Рассматривайте возможность беременности у любой женщины детородного возраста с потерей сознания.



- Состояние беременных и женщин в послеродовом периоде может быстро ухудшаться вплоть до остановки сердца в любом месте, и медицинские учреждения и службы должны быть готовы к таким событиям.
- Специфические акушерские системы раннего оповещения позволяют своевременно распознавать ухудшение состояния беременных пациенток.
- Устраните аортокавальную компрессию как можно раньше и поддерживайте это состояние на протяжении всей реанимации. Рекомендуется ручное смещение матки влево при остановке сердца у матери из-за практической целесообразности.
- Систематически устраняйте 4Н и 4Т и ищите специфические для беременности причины остановки сердца – 4Р: Преэклампсия и эклампсия, Послеродовой сепсис, Плацентарные и маточные осложнения и Перипартальная кардиомиопатия.
- Реанимационная гистеротомия является вмешательством, чувствительным к фактору времени. Подготовку к выполнению процедуры следует начинать рано.
- Реанимационную гистеротомию должна быть выполнена как можно скорее на месте остановки сердца опытной командой.
- Постреанимационный уход за беременными и роженицами требует мультидисциплинарного подхода.

## Доказательная база рекомендаций

### Особые причины

*Тактика ведения и профилактики остановки сердца, вызванной анафилаксией*

Не существует универсально принятого определения анафилаксии. Это острая системная реакция гиперчувствительности, обычно быстро возникающая и потенциально фатальная при неправильном лечении. Диагноз анафилаксии является клиническим.

Расчетная частота встречаемости анафилаксии в Европе составляет 1,5–7,9 на 100 000 человек в год.<sup>4</sup> Наиболее распространенными триггерами



анафилактических реакций являются пища, лекарственные препараты и яд перепончатокрылых насекомых.<sup>5-7</sup>

Данные рекомендации по анафилаксии основаны на последнем Консенсусе ILCOR CoSTR,<sup>8</sup> рекомендациях и обновлениях Комитета по анафилаксии Всемирной аллергологической организации,<sup>9</sup> Европейской академии аллергологии и клинической иммунологии,<sup>10</sup> Североамериканских параметров практики,<sup>11</sup> Австралазийского общества клинической иммунологии и аллергии,<sup>12</sup> а также на результатах UK National Audit Project (NAP 7) по периоперационной анафилаксии.<sup>13</sup> Большинство этих рекомендаций основаны на данных наблюдений, заявлениях о надлежащей практике и экспертном консенсусе.

### *Распознавание анафилаксии*

Согласно Комитету по анафилаксии Всемирной аллергологической организации, анафилаксия вероятна, когда выполняется хотя бы один из следующих критериев<sup>9</sup>:

1. Острое начало в течение от нескольких минут до нескольких часов с одновременным вовлечением кожи, слизистых оболочек или того и другого (например, генерализованная крапивница, зуд или гиперемия, опухшие губы, язык или язычок) и один из следующих признаков:
  - a. Нарушение дыхания (например, одышка, свистящее дыхание/бронхоспазм, стридор, снижение пиковой скорости выдоха, гипоксемия)
  - b. Снижение артериального давления или связанные с этим симптомы дисфункции органов-мишеней (например, гипотония, синкопе, недержание мочи)
  - c. Тяжелые желудочно-кишечные симптомы (например, сильная схваткообразная боль в животе, повторяющаяся рвота), особенно после воздействия непищевых аллергенов.
2. Острое начало гипотензии, бронхоспазма или поражения гортани после воздействия известного или высоковероятного для данного пациента аллергена (от нескольких минут до нескольких часов), даже при отсутствии типичного поражения кожи.



Анафилаксия может протекать без каких-либо кожных проявлений или с кожными проявлениями, удаленными от места воздействия аллергена, и анафилактическая реакция может изначально проявляться только дыхательными или симптомами со стороны ССС. Во время общей анестезии или искусственной вентиляции легких в условиях неотложной или интенсивной терапии анафилаксия может клинически проявляться внезапным повышением давления в дыхательных путях и удлинением выдоха в сочетании со снижением артериального давления, с наличием или без кожных и слизистых изменений.

Раннее распознавание симптомов, указывающих на анафилактическую реакцию, должно вызывать немедленную реакцию.

#### *Первоначальные действия при подозрении на анафилактическую реакцию*

Прекратите или устраните триггер, если это возможно — остановите или удалите любой потенциальный или вероятный триггер. Не откладывайте лечение, если удаление триггера невозможно.

Убедитесь, что пациент лежит — не усаживайте и не поднимайте пациента — фатальная анафилаксия была связана с вертикальным положением или попытками усадить/поднять пациента.<sup>14-16</sup> Позиционируйте пациентов в соответствии с их симптомами и особенно учитывайте:

- Положение на спине с приподнятыми ногами для улучшения венозного возврата.
- Положение сидя с вытянутыми ногами, если присутствуют симптомы со стороны дыхательных путей или дыхания без проблем с кровообращением.

#### *Вводите адреналин*

Введите внутримышечно адреналин в качестве препарата первой линии для лечения анафилаксии.<sup>17</sup> Первоначальное внутримышечное введение адреналина направлено как на обеспечение гемодинамической поддержки, так и на ингибирование дегрануляции тучных клеток.

Предпочтительное место введения — средняя треть латеральной поверхности бедра,<sup>18</sup> стандартная доза для взрослых составляет 0,5 мг.<sup>10</sup> При



необходимости повторите введение через 3–5 минут в зависимости от клинического ответа.<sup>19</sup> Автоинжекторы или интраназальные аппликаторы адреналина могут быть использованы для раннего самостоятельного введения или введения спасателем.

Если симптомы не купируются или пациент находится в условиях мониторинга (например, в отделении интенсивной терапии (ОИТ), операционной (ОР), отделении неотложной помощи (ОМП)), внутривенное введение адреналина, начиная с дозы 0,1 мкг/кг/мин с титрованием по ответу, может проводиться соответствующим образом обученным персоналом при условии полного мониторинга пациента.<sup>20</sup>

У пациента с обструкцией верхних дыхательных путей или бронхоспазмом рассмотрите возможность добавления небулайзерной формы адреналина.<sup>10, 21</sup> Однако системная абсорбция ингалированного адреналина минимальна и не должна задерживать одновременное внутримышечное введение адреналина.<sup>22</sup>

#### *Обеспечьте сосудистый доступ — введите внутривенные растворы*

Анафилаксия может привести к выраженной гиповолемии вследствие периферической вазодилатации и повышенной сосудистой проницаемости (дистрибутивный шок).<sup>23, 24</sup> Инфузионная терапия критически важна в дополнение к вазоконстрикторному эффекту адреналина. Немедленно после первой дозы адреналина обеспечьте адекватный сосудистый доступ (например, широкопросветный внутривенный катетер, внутрикостный доступ). Вводите кристаллоидный раствор болюсами по 10–20 мл/кг и повторяйте в зависимости от ответа пациента.

Для восстановления гемодинамической стабильности могут потребоваться большие объемы жидкостей.

#### *Обеспечьте сосудистый доступ и проведите инфузионную терапию*

Анафилаксия может привести к тяжелой гиповолемии вследствие периферической вазодилатации и повышенной проницаемости сосудов (дистрибутивный шок).<sup>23, 24</sup> Инфузионная терапия критически важна в дополнение к вазоконстрикторному эффекту адреналина. Немедленно после



введения первой дозы адреналина обеспечьте адекватный сосудистый доступ (например, установите широкопросветный внутривенный катетер или внутрикостный доступ). Вводите кристаллоидные растворы болюсами по 10-20 мл/кг и повторяйте введение в зависимости от реакции пациента.

Для восстановления гемодинамической стабильности могут потребоваться большие объемы жидкостей.

#### *Подавайте кислород*

Обеспечьте подачу 15 л/мин 100% кислорода каждому пациенту с анафилактической реакцией и титруйте поток для поддержания сатурации кислорода в целевом диапазоне 94-98%.<sup>25</sup>

При отсутствии реакции на адреналин рассмотрите возможность введения второго вазоактивного препарата, такого как норадреналин или вазопрессин.<sup>10, 21</sup>

#### *Роль кортикостероидов и антигистаминных препаратов в лечении анафилаксии*

H1-антигистаминные препараты блокируют провоспалительное действие гистамина, что может облегчить кожные симптомы, вызванные высвобождением гистамина. Однако их начало действия медленное, и их введение не должно задерживать введение адреналина.

Осторожность: Быстрое внутривенное введение антигистаминных препаратов первого поколения может вызвать или усугубить гипотензию.<sup>26</sup>

Применение кортикостероидов для предотвращения затяжных симптомов или двухфазных реакций основано на доказательствах низкой достоверности.<sup>27, 28</sup> Недавние исследования указывают на повышенный риск неблагоприятных исходов (необходимость введения второй дозы адреналина, госпитализация или поступление в ОРИТ) у пациентов, получавших кортикостероиды в догоспитальных условиях.<sup>29, 30</sup> На основании мнения экспертов ERC не рекомендует рутинное использование кортикостероидов при лечении анафилактических реакций.



### *Особенности остановки сердца при анафилаксии*

В серии случаев периоперационной остановки сердца у 94% пациентов с анафилактической остановкой сердца первоначально регистрировалась беспульсовая электрическая активность (БЭА).<sup>13</sup>

Согласно экспертному консенсусу, следует придерживаться стандартного протокола расширенной поддержки жизни, включая внутривенное введение адреналина и коррекцию соответствующих обратимых причин, в частности гиповолемии и гипоксии. Рассмотрите возможность применения экстракорпоральной сердечно-легочной реанимации в случаях рефрактерной остановки сердца, особенно в больницах, где это может быть реализовано.

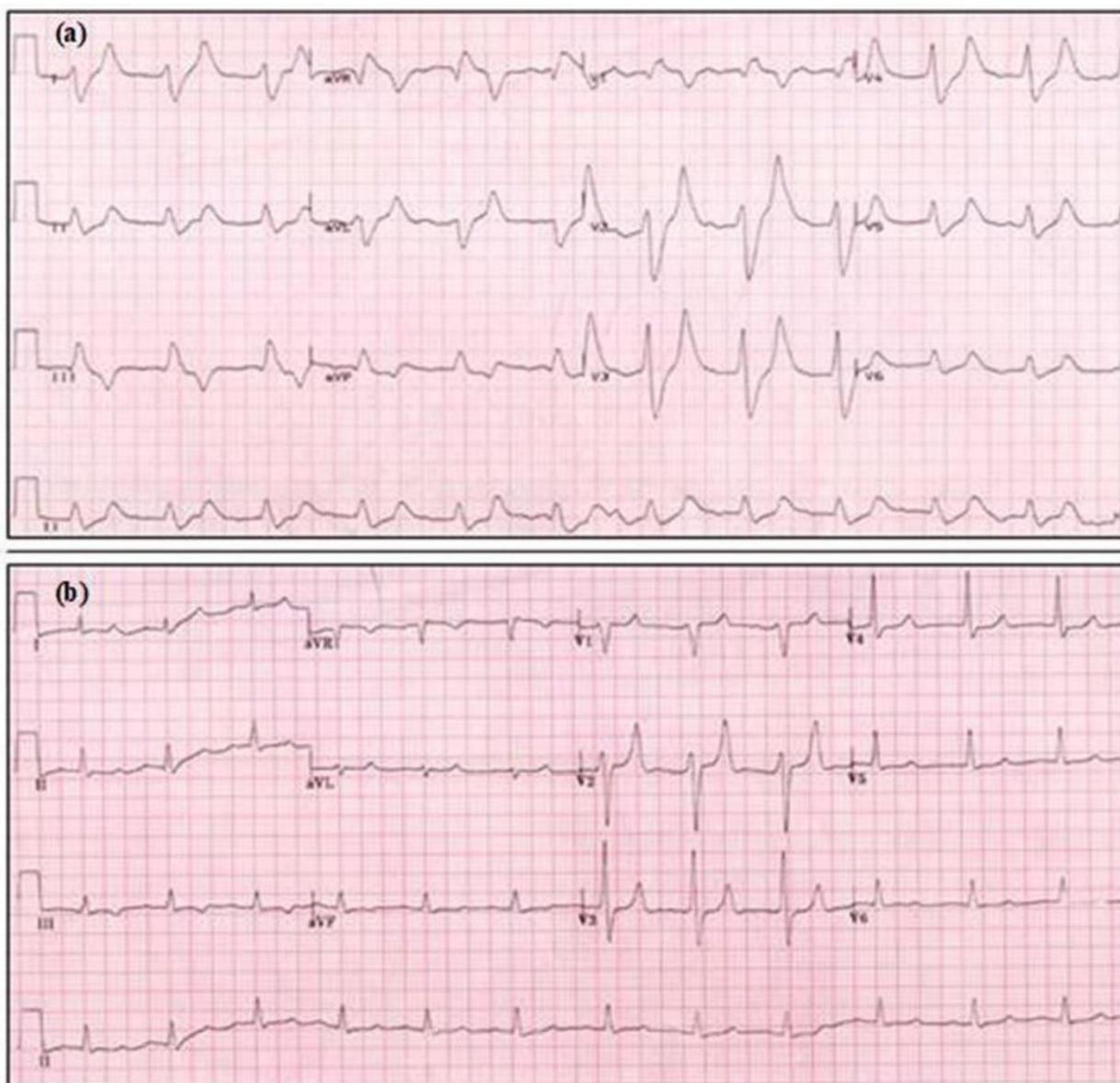
### *Гипер-/гипокалиемия и другие электролитные нарушения*

Электролитные нарушения являются признанной причиной аритмий и остановки сердца. Нарушения уровня калия (гиперкалиемия и гипокалиемия) наиболее часто встречаются в клинической практике, и была продемонстрирована U-образная зависимость между уровнем калия в сыворотке и смертностью.<sup>31</sup>

Гиперкалиемия также недавно была рассмотрена в рамках обзора ILCOR (2025).<sup>32</sup>

#### *Гиперкалиемия – Вне остановки сердца*

Гиперкалиемия встречается у 1–10 % госпитализированных пациентов.<sup>33–35</sup> У пациентов с хронической болезнью почек (ХБП) гиперкалиемия приводит к значительно более высокому риску больничных серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий и аритмий по сравнению с пациентами без гиперкалиемии.<sup>36</sup> Пациенты на диализе также более склонны к тяжелой гиперкалиемии, чем пациенты не на диализе (45,8 % против 10,3 %), во время госпитализации.<sup>35</sup> Больничная смертность значительно выше у пациентов с гиперкалиемией (18,1 %) по сравнению с пациентами с гипокалиемией (5 %) или нормокалиемией (3,9 %).<sup>33</sup> Больничная смертность в 3,9 раза выше у пациентов с уровнем калия в сыворотке > 6,5 ммоль/л по сравнению с пациентами с нормокалиемией.<sup>37</sup>



**Рисунок 11. Влияние внутривенного введения кальция на ЭКГ при гиперкалиемии.**  
ЭКГ при поступлении (а) и после превентивного внутривенного введения 20 мл 10% глюконата кальция (б) у пациента с вялым параличом. Реакция на внутривенное введение кальция показана сужением комплекса QRS. Анализатор газов крови был недоступен, формальные результаты лабораторных исследований получены позже.

Почечная и сердечная патология часто сосуществуют, и эти пациенты подвержены высокому риску гиперкалиемии, усугубляемой лекарственной терапией (например, ингибиторами АПФ, антагонистами рецепторов ангиотензина II и антагонистами минералокортикоидных рецепторов). Однако снижение дозы или отмена этих препаратов в ответ на гиперкалиемию ассоциированы с ухудшением исходов у пациентов.<sup>38–40</sup> В настоящее время существует роль связывающих калий препаратов (циркония циклосиликата натрия и патиromeра) для обеспечения кардиоренопротекторной терапии.<sup>41, 42</sup>



Гиперкалиемию определяет концентрация калия ( $K^+$ ) в сыворотке более 5,5 ммоль/л, хотя гиперкалиемию представляет собой континуум, и ее тяжесть определяет тактику лечения. Гиперкалиемию классифицируют как «легкая» ( $K^+$  5,5–5,9 ммоль/л), «умеренная» ( $K^+$  6,0–6,4 ммоль/л), «тяжелая» ( $K^+ \geq 6,5$  ммоль/л) или «экстремальная» ( $K^+ \geq 9,0$  ммоль/л).

Риск гиперкалиемии увеличивается при наличии множественных одновременных факторов риска (например, совместное применение ингибитора АПФ и/или антагониста минералокортикоидных рецепторов (АМР) при наличии ХБП).

### *Диагностика гиперкалиемии*

Следует учитывать возможность гиперкалиемии у всех пациентов из группы риска (например, с почечной недостаточностью, сердечной недостаточностью, сахарным диабетом, хроническим заболеванием печени) с аритмией или остановкой сердца. Слабость в конечностях, вялые параличи или парестезии могут быть признаками тяжелой гиперкалиемии.

Подтвердите гиперкалиемию с помощью экспресс-тестов, так как обработка стандартных лабораторных образцов займет время.<sup>43–45</sup>

Изменения на ЭКГ могут отражать тяжесть и скорость повышения уровня калия в сыворотке,<sup>46,47</sup> но ЭКГ может быть нормальной даже при тяжелой гиперкалиемии. Когда диагноз гиперкалиемии может быть установлен на основании ЭКГ, лечение можно начать до получения лабораторного результата.<sup>46</sup> Эти признаки гиперкалиемии на ЭКГ могут развиваться прогрессивно и включают:

- Высокие, заостренные (палаточные) зубцы Т (т.е. зубец Т больше зубца R в более чем одном отведении);
- АВ-блокада первой степени (удлиненный интервал PR > 0,2 с);
- Сглаженные или отсутствующие зубцы Р;
- Расширенный комплекс QRS (>0,12 с);
- Синусоидальная волна;
- Желудочковая тахикардия;
- Брадикардия;
- Остановка сердца (ЭМД, ФЖ/ЖТ, асистолия)



Показано, что у пациентов с тяжелой гиперкалиемией аритмии или остановка сердца возникают у 15 % пациентов в течение 6 часов после снятия представленной ЭКГ.<sup>46</sup> Поэтому задержки в лечении могут иметь серьезные последствия.

### *Неотложное лечение гиперкалиемии*

Лечение зависит от тяжести гиперкалиемии и наличия изменений на ЭКГ. Избегайте задержек с началом калийснижающей терапии (такой как инсулин-глюкоза, сальбутамол и циркония циклосиликат натрия). Следуйте систематическому подходу, изложенному в алгоритме лечения гиперкалиемии (Рис. 2). Лечение легкой гиперкалиемии не входит в перечень данных рекомендаций. Систематические обзоры фармакологического лечения гиперкалиемии были проведены как Cochrane, так и ILCOR.<sup>32, 48, 49</sup>

*Инсулин и глюкоза.* Это наиболее эффективная и надежная терапия для снижения уровня калия, которая работает за счет перемещения ионов калия в клетки. Показано, что стандартная доза растворимого инсулина (10 единиц) снижает уровень калия в сыворотке на 0,7–1,4 ммоль/л.<sup>32, 50</sup> Исследования предполагают возможный дозозависимый эффект инсулина<sup>51–55</sup> и потенциальную корреляцию между тяжестью гиперкалиемии и степенью снижения калия при использовании 10 единиц инсулина.<sup>56</sup> Эти выводы особенно актуальны в условиях реанимации.

Гипогликемия остается основным ятрогенным риском с зарегистрированной частотой до 28 %.<sup>53, 57–62</sup> Снижение дозы инсулина (5 единиц) не привело к значительному снижению риска гипогликемии (уровень глюкозы в крови < 4 ммоль/л).<sup>51, 53, 60, 61</sup> Обзорный анализ (n = >15 000) показал, что наиболее последовательным фактором риска гипогликемии является низкий исходный уровень глюкозы в крови.<sup>63</sup> Пороговое значение < 7 ммоль/л последовательно идентифицирует пациентов с повышенным риском ятрогенной гипогликемии.<sup>55, 64–67</sup> В одном исследовании введение 50 г глюкозы в течение 4 часов привело к гипогликемии у 6,1 % пациентов.<sup>59</sup>

На основе этих совокупных данных и доказательств эффективности данной стратегии<sup>68</sup> был разработан модифицированный протокол, который



рекомендуется в алгоритме ERC (Рис. 2), с целью снижения частоты ятрогенной гипогликемии.

*Сальбутамол.* Сальбутамол является агонистом бета-2 адренорецепторов и способствует внутриклеточному перемещению калия. Мета-анализ, включавший семь исследований с применением 10–20 мг ингаляционного сальбутамола, продемонстрировал снижение уровня калия в сыворотке на 0,9 ммоль/л в течение 120 минут.<sup>32</sup> Ранние исследования предполагали, что сальбутамол может быть менее эффективен у пациентов, получающих неселективные бета-блокаторы, и у 40% пациентов с терминальной стадией болезни почек.<sup>69,70</sup> На этом основании монотерапия не рекомендуется. Исследования комбинации инсулин-глюкоза и бета-2 агонистов показали большую эффективность по сравнению с каждым из видов лечения по отдельности.<sup>69,70</sup>

Обзор ILCOR отметил снижение уровня калия на 1,2 ммоль/л при комбинированной терапии и поддержал использование обоих препаратов.<sup>32</sup> Таким образом, ERC рекомендует одновременное введение инсулин-глюкозы и бета-2 агонистов для снижения уровня калия. Инсулин-глюкоза и сальбутамол эффективны в течение 4–6 часов, после чего может возникнуть rebound-гиперкалиемия.

*Внутривенные соли кальция (хлорид или глюконат кальция).* Несмотря на отсутствие клинических доказательств, внутривенный кальций применяется на протяжении десятилетий для лечения гиперкалиемии, особенно при наличии изменений на ЭКГ. Недавнее рандомизированное исследование указало на потенциальный вред от рутинного использования внутривенного кальция при внебольничной остановке сердца; однако пациенты с гиперкалиемией были исключены из исследования.<sup>71</sup> В реанимационной практике применение внутривенного кальция было ограничено лечением электролитных нарушений (таких как гиперкалиемия, гипокальциемия, гипермагниемия) и передозировки блокаторов кальциевых каналов. В клинической практике улучшение изменений на ЭКГ после введения кальция может наблюдаться еще до того, как подействуют калийснижающие препараты (Рис. 11).



Обоснованием для использования внутривенного кальция при гиперкалиемии и гипермагниемии является «антагонизм» его эффектам на сердечную и скелетную мускулатуру (т.е. стабилизация мембраны), но на эффективность могут влиять доза и скорость введения. В исследовании на животных был предложен альтернативный механизм, где внутривенный кальций восстанавливал «проводимость», что приводило к улучшению вызванных гиперкалиемией изменений на ЭКГ.<sup>72</sup> При преэклампсии внутривенный кальций облегчает мышечную слабость, дыхательную депрессию и сердечные эффекты, вызванные ятрогенной гипермагниемией.<sup>73</sup>

В недавнем систематическом обзоре ILCOR было включено только одно исследование применения внутривенного кальция у взрослых без остановки сердца, и не было обнаружено доказательств, подтверждающих клинический эффект внутривенного кальция при гиперкалиемии, хотя исследование было оценено как имеющее критический риск систематической ошибки.<sup>32</sup>

В обзорах Cochrane не было включено исследований, оценивающих эффект внутривенного кальция, но было предложено не рекомендовать отказ от внутривенного кальция у пациентов с тяжелой гиперкалиемией или изменениями на ЭКГ, или обоими факторами, учитывая потенциально жизнеугрожающие последствия.<sup>48</sup>

В настоящее время недостаточно доказательств за или против использования внутривенного кальция для лечения гиперкалиемии, поэтому ERC продолжает рекомендовать введение внутривенного кальция пациентам с наибольшим риском аритмий (т.е. при тяжелой гиперкалиемии с наличием изменений на ЭКГ).

*Бикарбонат натрия.* В обзор ILCOR вошли пять исследований на взрослых с использованием различных доз бикарбоната (50–390 ммоль), которые показали снижение уровня калия всего на 0,1 ммоль/л в течение 60 минут.<sup>32</sup> Обзор Cochrane также заключил, что нет доказательств в поддержку использования бикарбоната натрия при гиперкалиемии.<sup>48, 49</sup> Следовательно, ERC не рекомендует рутинное использование бикарбоната натрия для лечения гиперкалиемии у пациентов без остановки сердца.

*Связывающие калий препараты.* Новые связывающие калий препараты не были включены в обзор ILCOR, однако циркония циклосиликат натрия (СЗЦ)



и патиномер хорошо переносятся и играют роль как при острой, так и при хронической гиперкалиемии. СЗЦ обладает более быстрым началом действия (в течение 1 часа) по сравнению с патиномером.<sup>74</sup> В течение 48 часов СЗЦ снижает уровень калия в сыворотке на 1,1 ммоль/л и демонстрирует более высокую эффективность при повышенных уровнях калия (снижение уровня калия на 1,5 ммоль/л у пациентов с уровнем калия в сыворотке > 6,0 ммоль/л).

#### *Показания к диализу*

Диализ является наиболее эффективным методом лечения гиперкалиемии.

Основными показаниями к его проведению при гиперкалиемии являются:

- Тяжелая, угрожающая жизни гиперкалиемия, с наличием или без изменений на ЭКГ или аритмии;
- Гиперкалиемия, резистентная к медикаментозной терапии;
- Терминальная стадия почечной недостаточности;
- Олигурическое острое повреждение почек (диурез < 400 мл/сутки);
- Выраженный распад тканей (например, рабдомиолиз).

После диализа может также наблюдаться rebound-гиперкалиемия (повторное повышение уровня калия).

#### *Догоспитальный этап и гиперкалиемия*

Ведение и идентификация пациентов с гиперкалиемией в условиях догоспитального этапа могут быть сложными из-за ограниченных диагностических возможностей.

#### *Реанимация при остановке сердца, вызванной гиперкалиемией*

Гиперкалиемия является наиболее частым метаболическим нарушением, связанным с остановкой сердца, и потенциально обратима. Зарегистрированная частота внутрибольничной остановки сердца по этой причине составляет от 1%<sup>75</sup> до 12%,<sup>76</sup> причем беспульсовая электрическая активность (БЭА) является наиболее частым начальным ритмом.<sup>77</sup> Обзор ILCOR включил только одно исследование гиперкалиемии при остановке сердца (с высоким риском систематической ошибки из-за времени реанимации). В этом обзоре сообщается о снижении частоты восстановления



спонтанного кровообращения (ROSC) при использовании кальция, бикарбоната натрия или их комбинации.<sup>32</sup>

Исследование гиперкалиемической внутрибольничной остановки сердца (n = 109; средний уровень калия в сыворотке 7,8 ммоль/л) включало применение внутривенный кальций и бикарбонат натрия<sup>76</sup> в очень гетерогенной популяции и достигло ROSC в 36,7% случаев, но только 12,8% выжили > 24 часов, и 3,7% выжили до выписки из стационара. Учитывая плохие исходы у пациентов с экстремальной гиперкалиемией, авторы предположили, что диализ может быть вариантом лечения.

Диализ является окончательным методом лечения гиперкалиемии, но редко используется при остановке сердца. Обзор casereports о диализе во время СЛР демонстрирует успешные исходы у пациентов с уровнем калия в сыворотке от 8,2 до 10,2 ммоль/л.<sup>50</sup> Все методы диализа (с ЭКМО и без) использовались во время СЛР, что демонстрирует его техническую осуществимость.<sup>78–81</sup> Средняя продолжительность диализа для достижения ROSC составила 45,4 минуты (диапазон 15–95 минут), а среднее снижение уровня калия в сыворотке составило 3,2 ммоль/л, чего было бы трудно достичь только с помощью лекарственных препаратов, особенно во время остановки сердца.<sup>50</sup>

Тяжесть гиперкалиемии, по-видимому, является хорошим индикатором вероятности достижения и поддержания ROSC. Был описан протокол начала диализа во время СЛР.<sup>50</sup>

Исследование, оценивающее исход внебольничной остановки сердца после антигиперкалиемической медикаментозной терапии (n = 465; средний уровень калия 6,9 ммоль/л, IQR 5,7–8,4 ммоль/л), не выявило влияния на ROSC, несмотря на достигнутое снижение уровня калия (средний уровень калия 5,4 ммоль/л, IQR 4,4–6,8 ммоль/л).<sup>82</sup>

В настоящее время недостаточно доказательств за или против использования внутривенного кальция для лечения гиперкалиемии, поэтому ERC продолжает рекомендовать введение внутривенного кальция пациентам с гиперкалиемической остановкой сердца в любых условиях.



### ***Гипокалиемия***

Гипокалиемия определяется как уровень калия в сыворотке  $< 3,5$  ммоль/л [легкая ( $K^+$  3,0–3,4 ммоль/л), умеренная ( $K^+$  2,5–2,9 ммоль/л) или тяжелая ( $K^+$   $< 2,5$  ммоль/л или наличие симптомов)].<sup>83</sup> Обычно она вызвана чрезмерной потерей калия, перемещением калия через мембрану в клетки или сниженным потреблением калия.<sup>84</sup>

Гипокалиемия ассоциирована с более высокой больничной смертностью и повышенным риском желудочковых аритмий. Риски повышены у пациентов с предшествующими заболеваниями сердца,<sup>85,86</sup> у тех, кто получает лечение дигоксином,<sup>87</sup> или у пациентов, подвергающихся чрескожному коронарному вмешательству по поводу инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST.<sup>88</sup> При острой сердечной недостаточности гипокалиемия может быть связана с увеличением краткосрочной и долгосрочной смертности от всех причин после выписки из стационара.<sup>89</sup>

### ***Лечение гипокалиемии***

Лечение зависит от тяжести гипокалиемии и наличия симптомов и/или отклонений на ЭКГ, как показано на Рис. 3. Предпочтительна медленная коррекция уровня калия, но в экстренной ситуации требуется быстрое внутривенное восполнение, предпочтительно через центральный доступ. Целевой уровень калия составляет 4 ммоль/л. Коррекция сопутствующей гипомagneмии является обязательной. Сопутствующий дефицит магния часто встречается у пациентов с гипокалиемией. Восполнение уровня магния будет способствовать более быстрой коррекции гипокалиемии.<sup>91</sup> При восполнении калия у пациентов с тяжелой почечной недостаточностью обратитесь за консультацией к специалисту (см. Рис. 3).

### ***Нарушения обмена кальция и магния***

Диагностика и лечение нарушений обмена кальция и магния суммированы в Таблице 2.



## Гипертермия и злокачественная гипертермия

Гипертермия возникает, когда температура тела превышает норму (температура ядра 36,5–37,5 °С) из-за нарушения терморегуляции. Крайние возрастные группы и мультиморбидность являются специфическими факторами риска.<sup>92,93</sup>

Злокачественная гипертермия является редким фармакогенетическим нарушением кальциевого гомеостаза скелетных мышц, характеризующимся мышечной контрактурой и угрожающим жизни гиперметаболическим кризом после воздействия галогенизированных анестетиков, сукцинилхолина или нейролептиков на генетически предрасположенных индивидуумов.<sup>94,95</sup> В редких случаях злокачественная гипертермия может быть спровоцирована не фармакологическими факторами. Наиболее частые клинические признаки и симптомы включают: гиперкапнию (34%), синусовую тахикардию (25%), гипертермию (20%), тризм жевательной мускулатуры (11%), генерализованную мышечную ригидность (3%), Ацидоз, гиперкалиемию и летальный исход при отсутствии лечения.<sup>96</sup> Этот раздел основан на двух систематических обзорах, пяти несистематических обзорах и двух обзорных анализах, последний из которых был выполнен 15 июня 2024 года.<sup>94–101</sup>

**Таблица 2 – Нарушения кальция и магния с сопутствующими клиническими проявлениями, изменениями на ЭКГ и рекомендуемой тактикой лечения.**

Расстройство	Причины	Проявления	Показания ЭКГ	Лечение
Гиперкальциемия Кальций (Ca <sup>2+</sup> ) > 2,6 ммоль/л	Первичный или третичный гиперпаратиреоз Злокачественные новообразования Саркоидоз Медикаменты	Спутанность сознания Слабость Боль в животе Гипотензия Аритмии Остановка сердца	Укорочение интервала QT Удлинение интервала QRS Сглаженные зубцы T АВ-блокада Остановка сердца	В зависимости от основной причины Инфузионная терапия в/в Фуросемид 1 мг/кг в/в Гидрокортизон 200–300 мг в/в Памидронат 30–90 мг в/в
Гипокальциемия Кальций (Ca <sup>2+</sup> ) < 2,1 ммоль/л	Хроническая болезнь почек Острый панкреатит Передозировка блокаторов кальциевых каналов	Парестезия Тетания Судороги АВ-блокада Остановка сердца	Удлинение интервала QT Инверсия зубца T Блокада сердца Остановка сердца	Болус: 10–20 мл 10% глюконата кальция в течение 5–10 минут Инфузия: 100 мл 10% глюконата кальция в 1000 мл физиологического раствора или



Синдром токсического шока  
Рабдомиолиз  
Синдром лизиса опухоли  
Массивное переливание крови

5% глюкозы со скоростью 50 мл в час внутривенно (контролировать уровень  $Ca^{2+}$  и корректировать скорость)  
50% сульфат магния 4–8 ммоль внутривенно (при необходимости)

Гипермагниемия Магний ( $Mg^{2+}$ ) > 1,1 ммоль/л	Почечная недостаточность Ятрогенные причины	Спутанность сознания Вялый паралич Угнетение дыхания Гипотензия АВ-блокада Остановка сердца	Удлинение интервалов PR и QT Заострение зубца T АВ-блокада Остановка сердца	Рассмотрите лечение при уровне магния > 1,75 ммоль/л: 10% глюконат кальция (10–30 мл) или 10% хлорид кальция (5–10 мл) в/в, повторить при необходимости Солевой диурез – 0,9% физиологический раствор 150 мл/ч в/в и Фуросемид 1 мг/кг в/в Гемодиализ – при нарушении функции почек или тяжелых симптомах, но есть риск вызвать гипокальциемию. Респираторная поддержка при необходимости.
Гипомагниемия Магний ( $Mg^{2+}$ ) < 0,6 ммоль/л	Желудочно-кишечные потери Полиурия Голодание Алкоголизм Мальабсорбция	Тремор Атаксия Нистагм Судороги Аритмии – пируэтная желудочковая тахикардия (torsade de pointes) Остановка сердца	Удлинение интервалов PR и QT Депрессия сегмента ST Инверсия зубца T Уплощенные зубцы P Увеличение продолжительности комплекса QRS Пируэтная желудочковая тахикардия	Тяжелые или симптомные случаи: 50% сульфат магния 2 г (8 ммоль) в/в в течение 15 мин Torsadesdepointes (пируэтная желудочковая тахикардия): 50% сульфат магния 2 г (8 ммоль) в/в в течение 1–2 мин Судороги:



(Torsadesdepointe s)	50%	сульфат магния	2 г (8 ммоль)	в/в	в течение 10 мин
----------------------	-----	----------------	---------------	-----	------------------

### *Гипертермия*

Гипертермия, связанная с воздействием окружающей среды (температура ядра > 38 °С), может быть предотвращена акклиматизацией, адекватной гидратацией и избеганием физической активности в жаркую погоду.<sup>92, 98, 102</sup> Основным фактором риска является дегидратация, которая угрожает прогрессированием в тепловой обморок, тепловое истощение, тепловой удар и, наконец, полиорганную дисфункцию и остановку сердца. Лечение гипертермии см. Рис. 4 и Таблицу 3.

Для определения тактики лечения температуру ядра следует измерять центрально (например, тимпанально, ректально, через пищевод).<sup>103</sup>

### *Злокачественная гипертермия*

Профилактика злокачественной гипертермии является ключевой; это генетическое заболевание, которое при отсутствии лечения приводит к летальному исходу.<sup>97, 108, 109</sup> Такие препараты, как 3,4-метилендиоксиметамфетамин (MDMA, «экстази») и амфетамины, также могут вызывать состояние, сходное со ЗГ, и применение дантролена может быть терапевтическим и в этих случаях.<sup>110</sup> Всегда учитывайте возможность злокачественной гипертермии при необъяснимом, неожиданном повышении ЕТСО<sub>2</sub>, частоты сердечных сокращений или температуры. Дополнительная информация по ведению злокачественной гипертермии (см. QR-код 1).<sup>94, 111</sup>

Вкратце: прекратите воздействие триггера, обеспечьте подачу кислорода с высоким потоком, вводите дантролен до достижения ЕТСО<sub>2</sub> < 45 мм рт.ст. (6 кПа) при нормальной минутной вентиляции и температуре ядра < 38,5 °С, охлаждайте пациента. Если произойдет остановка сердца, следуйте универсальному алгоритму ALS и продолжайте охлаждать пациента. Применяйте те же методы охлаждения, что и при управляемой температуре тела в постренимационном периоде (см. Рис. 5).

Крайне важно связаться с экспертным центром по злокачественной гипертермии для получения дальнейших рекомендаций.<sup>97–112</sup> Дантролен



должен храниться централизованно там, где проводится анестезия, и алгоритмы ведения ЗГ должны быть легкодоступны (см. QR-код 1).

### *Интоксикационная гипертермия*

Гипертермия может быть ранним признаком интоксикации. Риск повышен у людей, принимающих психотропные препараты (с лечебной целью или рекреационно), симпатомиметики, антихолинэргические средства, салицилаты, препараты для снижения веса или после употребления диких грибов.

Проведите первичную оценку по алгоритму ABCDE после применения соответствующих средств индивидуальной защиты (СИЗ), как и во всех случаях с неизвестными токсическими агентами. Специфические симптомы и анамнез пациента могут помочь идентифицировать предполагаемое вещество еще до получения результатов токсикологического анализа.

При большинстве случаев интоксикационной гипертермии ключевое значение имеет незамедлительное симптоматическое лечение. Активное охлаждение и целенаправленные стратегии для конкретных симптомов: бензодиазепины для снижения возбуждения и тремора, дантролен при мышечном сокращении и ригидности, меры по снижению концентрации токсина (см. Таблицу 4).

### *Случайная гипотермия и спасательные работы при сходе лавин*

Случайная гипотермия определяется как снижение температуры ядра тела  $< 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при котором витальные признаки и сознание ослабевают и, в конечном итоге, исчезают.<sup>150</sup> Однако витальные признаки могут быть минимальными, но все же присутствовать даже при температуре  $< 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

У пациентов с гипотермией и спонтанным кровообращением ключевыми мероприятиями являются изоляция от холода в стационаре с последующей транспортировкой и согреванием. У пациентов с гипотермией и остановкой сердца ключевыми мероприятиями являются непрерывная СЛР и согревание с помощью экстракорпоральной поддержки жизни. Эти меры могут привести к благоприятному неврологическому исходу даже при задержки времени отсутствия кровотока (no-flow) или низкого кровотока (т.е.



durante), если гипотермия (например,  $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) наступила до остановки сердца. Обзорный анализ, проведенный по состоянию на 13 февраля 2025 года, выявил три систематических обзора в поддержку данной рекомендации,<sup>151–153</sup> а также включил другие релевантные статьи.<sup>150, 154–161</sup>

### *Профилактика остановки сердца*

Первичная случайная гипотермия вызвана воздействием холода, тогда как вторичная случайная гипотермия спровоцирована заболеванием или другими внешними причинами. Первичная гипотермия распространена во время активного отдыха на открытом воздухе (в основном у спортсменов и заблудившихся лиц) и в городской среде (например, бездомные и лица в состоянии опьянения), в то время как частота вторичной гипотермии растет среди пожилых и мультиморбидных лиц в условиях помещений.<sup>154, 157</sup>

Измерение температуры ядра с помощью низкотемпературного термометра является золотым стандартом диагностики гипотермии<sup>157</sup>:

- Тимпаническое — у спонтанно дышащих пациентов.
- Пищеводное — у пациентов с установленной трахеальной трубкой или надгортанным воздуховодом.<sup>159</sup>

Если температуру ядра измерить невозможно, оценку следует проводить согласно уровню сознания по Пересмотренной швейцарской системе стадирования.<sup>156</sup> (Таблица 5 и Рис. 12).

- В Пересмотренной швейцарской системе стадирования: «В сознании» соответствует оценке по шкале Глазго 15 баллов, «Речевой ответ» соответствует оценке по шкале Глазго 9–14 баллов, включая пациентов в спутанном сознании, «Ответ на боль» и «Без сознания» соответствуют оценке по шкале Глазго  $< 9$  баллов. Хотя дрожь не используется в качестве определяющего стадию признака в Пересмотренной швейцарской системе, ее наличие обычно означает, что температура  $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при которой гипотермическая остановка сердца маловероятна.
- Отсутствие видимого дыхания, отсутствие пальпируемого каротидного или феморального пульса, отсутствие измеримого артериального давления — проверяйте признаки жизни (пульс и, особенно, дыхание) до 1 минуты.



- Переход цветов между стадиями представляет собой нахлест пациентов внутри групп. Расчетный риск остановки сердца основан на том, что случайная гипотермия является единственной причиной клинических результатов (Рис. 12). Если другие состояния нарушают сознание, такие как асфиксия, интоксикация, высотный отек мозга или травма, Пересмотренная швейцарская система может ложно предсказать более высокий риск остановки сердца из-за гипотермии. Следует проявлять осторожность, если пациент остается «в сознании» или «реагирует на речь», но показывает признаки гемодинамической или дыхательной нестабильности, такие как брадикардия, брадипноэ или гипотензия, поскольку это может указывать на переход в стадию с более высоким риском остановки сердца.

**Таблица 3 – Лечение гипертермии**

Степень гипертермии.	Симптомы	Лечение
Лёгкая тепловой обморок	Преходящая потеря сознания с быстрым восстановлением исходного неврологического статуса	Переместите пациента в прохладную среду, примените пассивное охлаждение, покой и введение изотонических или гипертонических растворов перорально (последние только при уровне $\text{Na}^+ < 130$ ммоль/л).
Умеренная - тепловое истощение	Интенсивная жажда, слабость, недомогание, тревожность, головокружение, обморок. Вызывается легкой или умеренной гипертермией ( $>40$ °C) вследствие воздействия высокой температуры окружающей среды или чрезмерной физической нагрузки.	Кроме того, уложите пациента горизонтально и введите изотонические растворы внутривенно. Простые меры внешнего охлаждения обычно не требуются, но могут включать кондуктивные (например, холодный пол, пакеты со льдом; коммерческие охлаждающие пакеты к кистям, стопам и щекам), конвективные (погружение в холодную воду, холодный душ) и испарительные меры (распыление холодной воды, обдув обнаженной кожи вентилятором).
Тяжёлый тепловой удар	Триада тяжелой гипертермии (температура ядра тела $> 40$ °C), неврологических симптомов и недавнего пассивного воздействия высокой температуры окружающей среды (классический, или пассивный, тепловой удар) или чрезмерной физической нагрузки (физический тепловой удар). Симптомы включают дисрегуляцию центральной нервной системы (например, изменение психического состояния, судороги, кома),	Быстро охладите пациента до $< 39$ °C, предпочтительно до $< 38,5-38,0$ °C, как можно скорее. Отдавайте приоритет активным методам охлаждения над пассивными; рекомендуется скорость охлаждения $0,155$ °C/мин. Важно учитывать время между появлением симптомов и оказанием помощи при выборе метода охлаждения. Целью должно быть достижение целевой температуры в течение 30 минут с момента начала теплового удара. Для физического теплового удара скорость



тахикардию, тахипноэ и артериальную гипотензию. Смертность составляет примерно 10 %, а в сочетании с гипотензией достигает около 33 %. Исход ухудшается, если температура ядра тела сохраняется  $> 40,5$  °С.

охлаждения быстрее  $0,10$  °С/мин является безопасной и желательной.

Следует использовать погружение в ледяную или холодную воду (от шеи вниз) или кондуктивное охлаждение всего тела, что позволяет достичь скорости охлаждения  $0,2-0,35$  °С/мин. Погружение в холодную воду следует продолжать до исчезновения симптомов или в течение разумного периода времени, например, 15 минут, поскольку польза перевешивает риск (слабая рекомендация, доказательства очень низкой достоверности).

Если погружение в холодную воду недоступно, может быть использована комбинация простых методов охлаждения, включая кондуктивные, конвективные и испарительные меры, хотя нет сравнительных исследований, указывающих на наилучший вариант. Систематический обзор заключил, что погружение в воду ( $1-26$  °С) снижает температуру тела быстрее и эффективнее по сравнению с пассивным охлаждением (доказательства низкой или очень низкой достоверности).

Методы охлаждения распылением воды и обдувом лишь незначительно быстрее пассивного охлаждения, а холодный душ ( $20,8$  °С) охлаждает быстрее пассивного охлаждения. Следует вводить изотонические или гипертонические растворы внутривенно (если  $\text{Na}^+ < 130$  ммоль/л, например, до 3 болюсов по 100 мл 3% NaCl с интервалом 10 минут). Следует рассмотреть дополнительную коррекцию электролитов изотоническими растворами; могут потребоваться значительные объемы жидкостей.

Следуйте алгоритму ABCDE у любого пациента с ухудшающимися витальными показателями. Критически больные пациенты требуют агрессивного и длительного лечения в отделении интенсивной терапии. Может возникнуть необходимость в продвинутых методах охлаждения, включая внешние или внутренние устройства, используемые для управляемой терморегуляции. Специфических медикаментов, снижающих температуру ядра тела, не существует.



Пациентов с гипотермией следует защищать от холодного воздействия, минимизируя контакт с холодной средой и обеспечив теплоизоляцию, а также как можно быстрее транспортировать в ближайшее соответствующее стационарное учреждение для согревания. Хотя активное согревание не является вредным, оно непрактично в течение коротких периодов транспортировки (например, менее 1 часа).<sup>153</sup>

Пациентам с гипотермией и догоспитальной сердечной нестабильностью (т.е. частота сердечных сокращений < 45/мин, систолическое артериальное давление < 90 мм рт.ст., желудочковые аритмии, температура ядра < 30 °С) следует проводить согревание в стационаре с использованием малоинвазивных техник, при этом крайне важна своевременная консультация с центром ЭКМО.<sup>156, 161</sup>

**Таблица 4. Токсины, вызывающие гипертермию**

Категория	Вещество	Механизм воздействия	Симптомы	Диагностическое тестирование	Специфическое лечение
Антипсихотики	Рisperидон, Арипипразол, Галоперидол, Оланзапин, Кветиапин, Клозапин, Блонансерин.	Блокада дофамина / острая отмена агонистов дофамина → злокачественный нейролептический синдром (ЗНС, NMS).	Гипертермия, мышечная ригидность, тремор, вегетативная дисфункция, изменение психического статуса.	Анализ крови на антипсихотики.	Бензодиазепины — для купирования возбуждения. Бромкриптин — при гиподофаминергическом состоянии (например, для лечения злокачественного нейролептического синдрома). Дантролен — в качестве миорелаксанта (например, для снижения мышечной ригидности).
Антидепрессанты	Литий, ИМАО, СИОЗС, СИОЗСН, ТЦА.	Серотониновый синдром	Гипертермия, гиперемия/покраснение, озноб, акатизия, возбуждение, мидриаз, вегетативная дисфункция.	Анализ крови на определение антидепрессантов, уровень лития в сыворотке крови.	Бензодиазепины — для купирования возбуждения. Рассмотрите Хлорпромазин. Рассмотрите бикарбонат



натрия при отравлении трициклическими антидепрессантами (ТЦА).

Рекреационные наркотики	МДМА (метилendioксиметамфетамин, «экстази»), ЛСД (диэтиламид d-лизергиновой кислоты).	Высвобождение катехоламинов в центральной нервной системе ингибирование обратного захвата в ЦНС, гиперметаболическое состояние со стимуляцией скелетных мышц, тахикардией и вазоконстрикцией.	Гипертермия, эйфория, галлюцинации, возбуждение, озноб, мидриаз, тошнота.	Токсикологический скрининг мочи (на МДМА, ЛСД)	Бензодиазепины — для купирования возбуждения. Дантролен — для снижения гипертермии. Рассмотрите применение карведилола при интоксикации МДМА.
	Метамфетамин		Гипертермия, галлюцинации, тремор, возбуждение, мидриаз, вегетативная дисфункция.	Скрининг мочи или крови на амфетамины	Хлорид аммония — для подкисления мочи (усиление экскреции). Активированный уголь — для уменьшения абсорбции.
	Кокаин	Неселективный ингибитор обратного захвата дофамина, серотонина, норадреналина. Стимуляция ЦНС, активация симпатической системы. Прямая блокада натриевых каналов. Коронарная вазоконстрикция.	Гипертермия, галлюцинации, тремор, возбуждение, мидриаз, вегетативная дисфункция, аритмии, боль в груди.	Скрининг мочи и крови.	Рассмотрите применение бикарбоната натрия при ширококомплексной тахикардии или остановке сердца. Избегайте назначения бета-адреноблокаторов.
Антихолинергические средства (холинолитики).	Атропин, Скополамин, Растительные алкалоиды (белладонна/красавка, бругмансия / "ангельские трубы", аманита / мухомор).	Блокада мускариновых рецепторов. Антихолинергический гипертермический синдром.	Гипертермия, тахикардия, нарушение потоотделения, сухость кожи и слизистых оболочек, гиперемия/покраснение, мидриаз, изменение	Скрининг мочи и сыворотки крови.	Бензодиазепины и ингибиторы холинэстеразы центрального действия — для купирования возбуждения. Активированный уголь — в течение первого часа



психического статуса.

после приема вещества (временное окно может быть расширено, так как антихолинергические средства снижают моторику ЖКТ).

Симпатомиметики.	Эфедрин, псевдоэфедрин.	Активация симпатической системы, повышение скорости метаболизма и периферическая вазоконстрикция.	Гипертермия, тахикардия, гипертензия, аритмии, мышечные подергивания, тошнота, мидриаз, задержка мочи.	Токсикологический скрининг мочи, определение псевдоэфедрина/эфедрина в сыворотке крови.	Бензодиазепины для купирования возбуждения.
Салицилаты	Аспирин (ацетилсалициловая кислота), Метилсалицилат (метилловый эфир салициловой кислоты).	Разобщение окислительного фосфорилирования, приводящее к повышенной выработке тепла.	Лёгкая гипертермия, тошнота, тахипноэ, спутанность сознания, тиннитус.	Концентрация салицилатов в крови (уровень салицилатов в сыворотке).	Подщелачивание мочи гидрокарбонатом натрия (NaHCO <sub>3</sub> ). Предотвращайте развитие гипогликемии. Рассмотрите диализ для выведения препарата и охлаждения.
Прочие вещества	Динитрофенол	Разобщение окислительного фосфорилирования, приводящее к повышенной теплопродукции.	Гипертермия, повышенное потоотделение, гиперемия кожи, возбуждение, тахикардия и тахипноэ, слабость/утомляемость.	Определение в сыворотке крови (токсикологический анализ на 2,4-динитрофенол, ДНФ).	Рассмотрите применение дантролена.

### *Тактика ведения при остановке сердца*

Самая низкая зарегистрированная температура, при которой было успешно проведено восстановление и согревание, в настоящее время составляет 11,8 °C<sup>155</sup> для случайной гипотермии и 4,0 °C для индуцированной гипотермии.<sup>162</sup> Систематический обзор сообщил только о пяти пациентах (в возрасте 28–75 лет), у которых остановка сердца произошла при температуре ядра тела > 28 °C, что позволяет предположить, что остановка сердца, вызванная первичной



гипотермией при 28 °С, возможна, но маловероятна.<sup>151</sup> Некоторые пациенты могут все еще иметь минимальные признаки жизни при температуре ядра < 24 °С.<sup>163</sup>

Проверяйте признаки жизни в течение одной минуты не только с помощью клинического осмотра, но и используя ЭКГ и УЗИ.<sup>164</sup>

При гипотермической остановке сердца следует собирать информацию, значимую для исхода, чтобы оценить вероятность выживания после гипотермической остановки сердца с помощью шкалы NOPE (Прогноз исхода гипотермии после согревания с помощью ЭКМО у пациентов с гипотермией и остановкой сердца).<sup>158, 160, 165</sup>

Прогноз у пациентов с первичной гипотермической остановкой сердца может быть отличным,<sup>157</sup> в то время как в случаях вторичной гипотермии исход в большей степени зависит от сопутствующих заболеваний.<sup>166</sup> У пациентов с гипотермией при остановке сердца с без свидетелей и при свидетелях есть хорошие шансы на неврологическое восстановление, если гипотермия развилась до гипоксии и остановки сердца, и если цепь выживания функционировала хорошо.<sup>151, 152, 166</sup>

Гипотермия снижает потребность организма в кислороде (на 6–7 % при охлаждении на 1 °С) и, тем самым, защищает наиболее зависимые от кислорода органы тела (мозг и сердце) от гипоксического повреждения.<sup>167</sup> Систематический обзор пациентов с наблюдаемой гипотермической остановкой сердца (n = 214) сообщил о выживаемости до выписки из стационара в 73 %, причем 89 % выживших имели благоприятный неврологический исход. Систематический обзор пациентов с отсутствующей гипотермической остановкой сердца (n = 221) сообщил о выживаемости в 27 %, причем 83 % выживших имели благоприятный неврологический исход. Примечательно, что первым зарегистрированным ритмом у 48 % этих выживших была асистолия.<sup>152</sup>

Пациентам с гипотермической остановкой сердца должна проводиться непрерывная СЛР до восстановления кровообращения. Частота компрессий грудной клетки и вентиляции должна соответствовать стандартному алгоритму ALS, как и у нормотермичных пациентов. Усилия также должны быть сосредоточены на поддержании нормоксии во время реанимации.



Гипотермическая остановка сердца часто рефрактерна к дефибрилляции и адреналину. Попытки дефибрилляции были успешными у пациентов с температурой ядра  $> 24$  °С, однако ROSC имеет тенденцию быть нестабильным при более низкой температуре.<sup>168</sup> Гипотермичное сердце может не реагировать на кардиоактивные препараты, попытки электрической стимуляции и дефибрилляции. Если фибрилляция желудочков или желудочковая тахикардия без пульса сохраняются после трех разрядов, целесообразно отложить дальнейшие попытки до тех пор, пока температура ядра не достигнет  $> 30$  °С.

Метаболизм лекарственных средств замедлен, что приводит к потенциально токсичным концентрациям в плазме, поэтому препараты следует вводить с осторожностью. Доказательства эффективности медикаментов при тяжелой гипотермии ограничены и основаны главным образом на исследованиях на животных.

При тяжелой гипотермической остановке сердца эффективность амиодарона снижена.<sup>169</sup> Адреналин может быть эффективен для повышения коронарного перфузионного давления, но не выживаемости.<sup>170, 171</sup> Адреналин может вызывать повреждение миокарда и нарушать неврологическое восстановление; целесообразно воздерживаться от введения адреналина и других препаратов СЛР до тех пор, пока пациент не будет согрет до температуры ядра  $\geq 30$  °С. Если доступ к экстракорпоральной поддержке жизни затруднен, и поскольку более короткая продолжительность СЛР может ассоциироваться с лучшим исходом, может быть разумно ввести 1 мг адреналина даже при более низкой температуре ядра в попытке достичь ВСК.<sup>172</sup> После достижения температуры 30 °С интервалы между введениями препаратов следует удвоить по сравнению с таковыми при нормотермии (т.е. адреналин каждые 6–10 минут). После достижения нормотермии ( $\geq 35$  °С) используйте стандартные протоколы введения препаратов.

По возможности, транспортируйте пациентов с гипотермией и остановкой сердца (или с риском ее развития) непосредственно в стационар, способный предоставить экстракорпоральную поддержку жизни. При необходимости длительной транспортировки или в условиях сложного рельефа местности рекомендуется механическая СЛР. У пациентов с



гипотермией и остановкой сердца с температурой тела  $< 28$  °C может применяться отсроченная СЛР, когда проведение СЛР слишком опасно, а прерывистая СЛР может использоваться, когда непрерывная СЛР невозможна, например, из-за технически сложной спасательной операции (Рис. 13).<sup>173</sup>

Устанавливайте экстракорпоральную поддержку жизни только при остановке сердца или ухудшении состояния пациентов (например, снижение артериального давления, нарастающий ацидоз). Первичная ЭКСЛР может рассматриваться у пациентов с  $ETCO_2 < 10$  мм рт.ст. (1,3 кПа) или систолическим артериальным давлением  $\leq 60$  мм рт.ст.<sup>174</sup>

Незасвидетельствованная остановка сердца с асистолией в качестве первого ритма не является противопоказанием для согревания с помощью ЭКСЛР.<sup>152</sup> Согревание предпочтительнее проводить с помощью ВА-ЭКМО, а не с помощью аппарата искусственного кровообращения.<sup>175, 176</sup> Если ЭКСЛР недоступна в течение 6 часов, может использоваться согревание без экстракорпоральной поддержки жизни.<sup>177, 178</sup>

Внутрибольничный прогноз успешного согревания должен основываться на шкале NОPE.<sup>158, 160</sup> Шкала 5А является инструментом скрининга для прогнозирования больничной смертности среди пожилых пациентов со случайной гипотермией с остановкой сердца или без нее, которая также может направлять выбор тактики лечения.<sup>179, 180</sup> У пациентов с гипотермией и остановкой сердца критерии для согревания с помощью ЭКСЛР не должны основываться на рекомендациях для нормотермической остановки сердца.<sup>181</sup> Это может привести к отказу от потенциально спасающего жизнь лечения у пациентов с потенциалом для хорошего неврологического исхода.<sup>176</sup>

Службы неотложной медицинской помощи и стационары должны внедрять структурированные протоколы для улучшения догоспитальной сортировки, транспортировки и лечения, а также внутрибольничного ведения пациентов с гипотермией.



Таблица 5 – Швейцарская система стадирования случайной гипотермии

Стадия	Клинические проявления	Температура тела (°C) (при наличии данных).
Гипотермия I степени (лёгкая)	В сознании	35 -35 °C
Гипотермия II степени (умеренная)	Нарушения сознания	<32-28 °C
Гипотермия III степени (тяжелая)	Без сознания; витальные признаки присутствуют.	<28 °C
Гипотермия IV степени (критическая)	Клиническая смерть; витальные признаки отсутствуют.	Переменная

– Сознание может быть нарушено из-за сопутствующего заболевания (например, травмы, патологии центральной нервной системы, приема токсичных веществ) или приема лекарств (например, седативных средств, миорелаксантов, опиоидов) независимо от температуры ядра тела.

– Риск остановки сердца возрастает при температуре ядра тела ниже 30 °C, особенно у пожилых и ослабленных пациентов. Следует рассматривать и другие возможные причины (остановки сердца). У некоторых пациентов витальные признаки могут сохраняться даже при температуре ниже 24 °C.

	Гипотермия I	Гипотермия II	Гипотермия III	Гипотермия IV
<b>Клинические данные</b>	«В сознании» по AVPU	«Вербальный» по AVPU	«В ответ на боль» или без сознания по AVPU Жизненно важные показатели присутствуют	«Без сознания» по AVPU И Жизненно важные показатели отсутствуют
<b>Риск остановки сердца</b>	Низкий	Умеренный	Высокий	Гипотермическая остановка сердца

Рисунок 12. Пересмотренная швейцарская система стадирования случайной гипотермии.<sup>156</sup>

### Спасательные работы при сходе лавин

Шансы на выживание после попадания в лавину постоянно улучшаются благодаря совместным усилиям по совершенствованию поисково-спасательных работ и последующих медицинских вмешательств.<sup>182</sup> Большинство жертв лавин погибают от асфиксии, меньше — от травм или гипотермии. В случаях незасвидетельствованной остановки сердца с асистолией у жертв лавин мало шансов на выживание, даже при следовании рекомендациям.



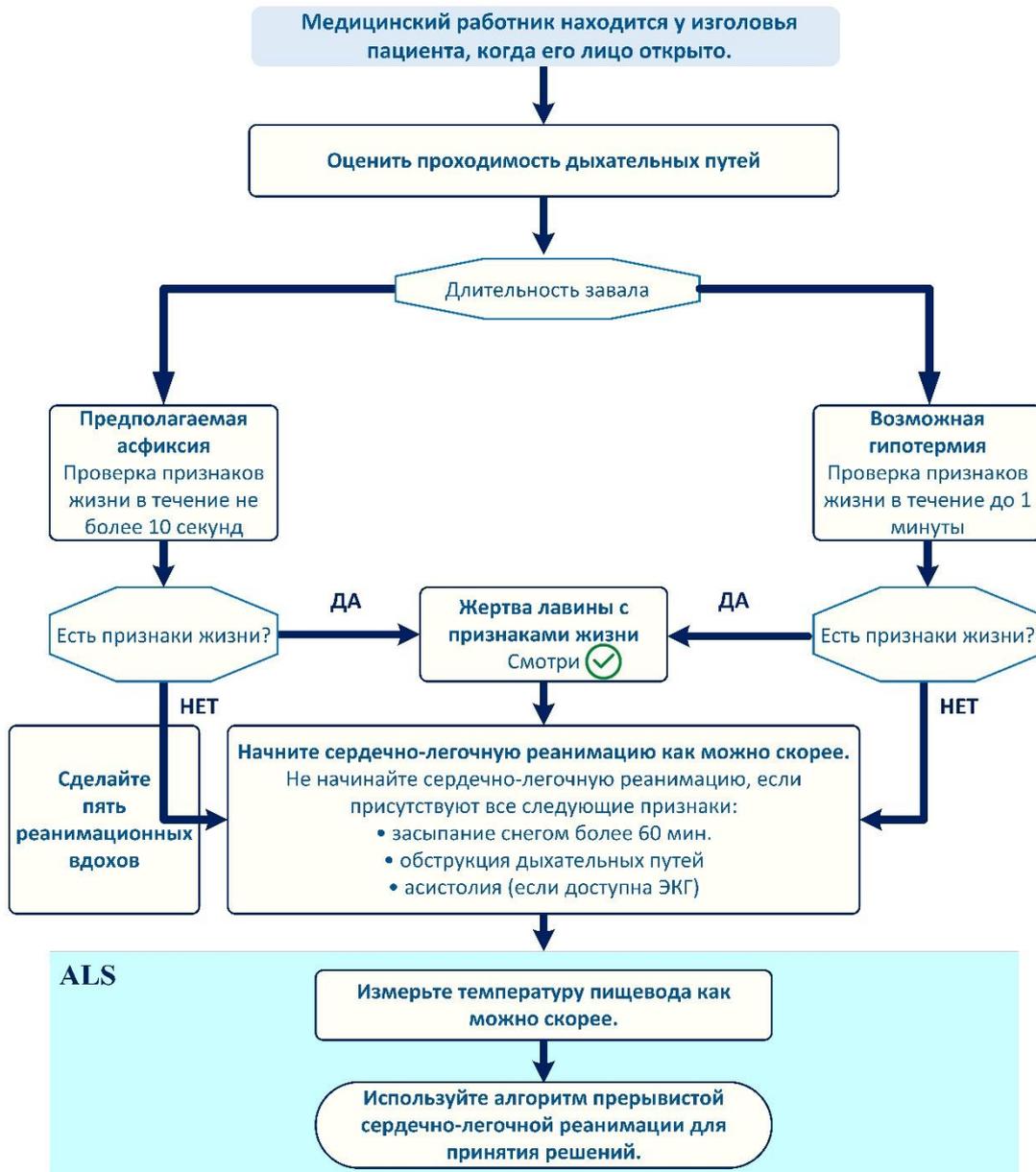
Вероятность благоприятного исхода при спасении из-под лавины повышают несколько факторов: некритичное погребение (голова и грудь вне снега), неглубокое погребение, короткое время нахождения под снегом, погребение в светлое время суток, наличие воздушного кармана (открытые



Рисунок 13. Принятие решений при гипотермической остановке сердца.

дыхательные пути плюс любое пространство в снегу перед носом и ртом), извлечение до остановки сердца, засвидетельствованная остановка сердца и восстановление спонтанного кровообращения (ВСК) в первые минуты СЛР.<sup>182-184, 186, 187</sup>

Международная комиссия по медицине неотложных состояний в горах провела обзорный анализ и опубликовала рекомендации по ведению жертв, погребенных под лавинами (Рис. 14). Алгоритм AvaLife следует использовать при спасении нескольких человек, когда на месте недостаточно спасателей. В этой ситуации триажи алгоритм AvaLife позволяет определить: i) каких погребенных следует откапывать в первую очередь (порог < 1,5 м глубины погребения) и ii) кого следует реанимировать и как долго.<sup>189</sup> AvaLife был специально разработан для спасателей, владеющих базовой реанимацией (BLS).



 **Жертва лавины в критическом состоянии с признаками жизни:**

- Мониторинг ЭКГ как можно скорее (в идеале до перемещения или транспортировки пациента).
- Бережное обращение и учет потенциальной травмы.
- Перевод в наиболее подходящую больницу.
- Рассмотрите возможность перевода в больницу, где применяется ЭКМО, для пациентов с гипотермией, температурой тела < 30°C, желудочковой аритмией или систолическим артериальным давлением < 90 мм рт. ст.
- Лечение состояний, не специфичных для жертв лавин (например, гипотермия, травма), должно проводиться в соответствии с последними рекомендациями.

**Рисунок 14. – Первичная помощь пострадавшему от лавины, находящемуся в критическом состоянии.<sup>188</sup>**

Легенда к рисунку. А. Оцените наличие летальных травм: обезглавливание; перерезка туловища; полное разложение тела. При наличии таких травм не начинайте СЛР. В. Признаки жизни включают любой из следующих: А, V или P от AVPU (в сознании, реагирует на вербальные стимулы, реагирует на боль, не реагирует) или оценка по шкале комы Глазго > 3, любые видимые движения, дыхание или пальпируемый пульс на сонной или бедренной артерии (для опытных специалистов по расширенной реанимации). С. Стандартная частота компрессий/вентиляции. Доза лекарственного препарата и дефибрилляция зависят от температуры тела или, если она недоступна, от продолжительности нахождения под завалами. Если фибрилляция желудочков сохраняется после трех разрядов, отложите дальнейшие попытки до тех пор, пока температура тела не превысит 30 °С.



Качество СЛР может быть снижено несколькими факторами, включая ограниченное пространство места погребения, проведение компрессий грудной клетки на снегу, гипобарическую гипоксию в горах, приводящую к быстрому истощению спасателей, а также длительную и трудную эвакуацию и транспортировку пострадавших. Устройства для механической компрессии грудной клетки могут быть полезны в технически сложных и долгих спасательных операциях.

## **Тромбоз**

### *Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА)*

Остановка сердца в результате острой ТЭЛА является наиболее тяжелой клинической формой венозной тромбоэмболии, в большинстве случаев возникающей из тромбоза глубоких вен (ТГВ).<sup>193</sup> Зарегистрированная частота остановки сердца, вызванной ТЭЛА, составляет 2–7% от всех внебольничных остановок сердца<sup>194, 195</sup> и 5–6% от всех внутрибольничных остановок сердца,<sup>75, 196</sup> но, вероятно, это недооценено. Общая выживаемость низка, даже при использовании инвазивного лечения или ЭКСЛР.<sup>195, 197, 198</sup> Специфические методы лечения остановки сердца, вызванной ТЭЛА, включают введение фибринолитиков, хирургическую эмболэктомию и чрескожную механическую тромбэктомию.

Систематический обзор ILCOR 2020 года изучил влияние специфических методов лечения (например, фибринолитиков или любых других) на благоприятные исходы.<sup>199</sup> Резюме ILCOR 2019 года рассмотрело использование ЭКСЛР при остановке сердца у взрослых,<sup>200</sup> тогда как резюме ILCOR 2022 года обновило данные о чувствительности и специфичности ROCUS для выявления специфических патофизиологических состояний, включая ТЭЛА, и рассмотрело четыре небольших дополнительных наблюдательных исследования по остановке сердца от ТЭЛА, опубликованных с момента предыдущего обзора.

Не было найдено дополнительных доказательств, чтобы изменить тактику ведения.<sup>201</sup>

Дополнительные доказательства были получены из рекомендаций Европейского общества кардиологов (ESC) по ТЭЛА.<sup>193</sup>



Эти рекомендации ESC определяют «подтвержденную ТЭЛА» как вероятность ТЭЛА, достаточно высокую для того, чтобы указать на необходимость специфического лечения.<sup>193</sup> Клинический анамнез, осмотр, капнография и эхокардиография (при наличии) могут помочь в диагностике острой ТЭЛА во время СЛР. Остановка сердца обычно проявляется как ЭМД (ПЭА).<sup>197</sup> Постоянно низкие показатели ЕТСО<sub>2</sub> (ниже 1,7 кПа (13 мм рт.ст.)) при выполнении высококачественных компрессий грудной клетки могут подтверждать диагноз ТЭЛА, хотя это и неспецифический признак.<sup>202, 203</sup> Если 12-канальную ЭКГ удастся снять до остановки сердца, изменения, указывающие на перегрузку правого желудочка, могут быть полезны для принятия решений.

Распространенные симптомы, предшествующие остановке сердца, описаны в Таблице 6.

Острая ТЭЛА может вызывать перегрузку давлением и нарушение функции правого желудочка, POCUS может быть полезен для их обнаружения (Таблица 6), но ни один отдельный эхокардиографический параметр не обеспечивает быстрой и надежной информации о размере или функции правого желудочка. Признаки перегрузки или дисфункции правого желудочка также могут быть вызваны другими сердечными или легочными заболеваниями.

#### *Начальное лечение (Рис. 15)*

Все пациенты с внезапным началом прогрессирующей одышки, особенно без предшествующих сердечных или легочных заболеваний, подозрительны на тромбоэмболию легочной артерии. Гипоксемия обычно купируется с помощью кислорода, однако у некоторых пациентов коррекция гипоксемии будет невозможна без одновременной реперфузии легких.<sup>19</sup>

ТЭЛА высокого риска подозревается при шоке или персистирующей артериальной гипотензии и является немедленно жизнеугрожающей. Оставляйте пациентов с гипотензией в положении лежа на спине, если дыхание позволяет, чтобы предотвратить дальнейшее прогрессирование гипотензии и остановку сердца.



Острая правожелудочковая недостаточность является основной причиной смерти у пациентов с ТЭЛА высокого риска. Агрессивная нагрузка объемом не приносит пользы и даже может ухудшить функцию правого желудочка. Однако осторожная нагрузка (500 мл в течение 15–30 минут) может увеличить сердечный выброс, а использование вазопрессоров и/или инотропов часто бывает полезным.<sup>193</sup>

Внутривенная антикоагулянтная терапия должна быть начата в ожидании результатов диагностических тестов. Нефракционированный гепарин рекомендуется пациентам с шоком и гипотензией, а также тем, у кого рассматривается первичная реперфузия.

Тромболитическая терапия острой ТЭЛА восстанавливает легочную перфузию быстрее, чем антикоагулянтная терапия только гепарином.

#### *Модификации протокола Расширенной поддержки жизни (ALS)*

Фибринолиз. Если тромбоэмболия легочной артерии является предполагаемой причиной остановки сердца, следует вводить фибринолитические препараты, что основано на данных ILCOR CoSTR.<sup>201</sup> Недостаточно доказательств для рекомендации оптимального препарата и режима дозирования для фибринолиза во время СЛР. Восстановление спонтанного кровообращения и выживаемость наблюдались после введения рекомбинантного тканевого активатора плазминогена (альтеплаза, болюс 50 мг в/в с дополнительными 50 мг через 30 минут или без них, или 0,6–1,0 мг/кг в/в, макс. 100 мг).<sup>197, 207, 208</sup> После введения тромболитических препаратов продолжайте СЛР не менее 60–90 минут.<sup>195, 209, 210</sup> На основании мнения экспертов, тромболизис или хирургическая эмболэктомия должны рассматриваться для беременных женщин с тромбоэмболией легочной артерии высокого риска и ТЭЛА, вызвавшей остановку сердца.<sup>193</sup>

**Таблица 6 – Неспецифические характеристики пациентов, которые чаще наблюдаются при внебольничной остановке сердца (ОНСА), вызванной тромбоэмболией легочной артерии (ТЭЛА), по сравнению с другими причинами.**

Симптомы, предшествующие остановке сердца:

Внезапное начало одышки

Плевральная или загрудинная боль в грудной клетке

Кашель

Кровохарканье



Обморок (необъяснимые и/или повторяющиеся обмороки)

Признаки ТГВ (односторонний отёк нижней конечности)

Признаки перегрузки правого желудочка на 12-канальной ЭКГ (если снята до остановки сердца):

Инверсия зубцов T в отведениях V1–V4

Паттерн QR в отведении V1

Паттерн S1 Q3 T3 (т.е. выраженный зубец S в отведении I, зубец Q и инвертированный зубец T в отведении III)

Неполная или полная блокада правой ножки пучка Гиса

**Оценка состояния во время реанимации**

**Женский пол**

Более молодой возраст

**Остановка сердца, зафиксированная сотрудниками скорой медицинской помощи**

Электромеханическая дисфункция как первый наблюдаемый ритм

Низкие показатели ETCO<sub>2</sub> во время высококачественной сердечно-легочной реанимации (<1,7 кПа/13 мм рт. ст.)

*Хирургическая эмболэктомия или чрескожная механическая тромбэктомия.*

Успешные случаи хирургической эмболэктомии и чрескожной механической тромбэктомии были зарегистрированы у пациентов с остановкой сердца и рекомендуются, если ТЭЛА является установленной причиной остановки сердца, а необходимые специализированные навыки доступны.<sup>211–213</sup> Решения о лечении должны приниматься высококвалифицированной междисциплинарной командой с участием торакального хирурга или интервенционного кардиолога.<sup>193, 214</sup>

*Экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация (ЭКСЛР).*

Некоторые наблюдательные исследования предполагают использование ЭКСЛР, если остановка сердца связана с тромбоэмболией легочной артерии.<sup>198, 215</sup> ЭКСЛР поддерживает кровообращение и газообмен.

Время до начала ЭКСЛР коррелирует с неврологическим исходом.<sup>216</sup> Рассмотрите ЭКСЛР как терапию спасения для отдельных пациентов с остановкой сердца, когда традиционная СЛР неэффективна, в условиях, где она может быть реализована.<sup>201</sup> Рекомендуется установить адекватный поток ЭКСЛР в течение 60 минут с момента начала остановки сердца.<sup>217</sup> Благоприятные неврологические исходы у пациентов с ТЭЛА, перенесших ЭКСЛР, хуже по сравнению с исходами при другой этиологии.<sup>198, 218</sup>

Несмотря на чрезвычайно высокий уровень смертности пациентов с рефрактерной остановкой сердца к стандартной расширенной поддержке



жизни, ЭКСЛР также является вариантом для увеличения пула доноров органов.<sup>198</sup>

### 1. Профилактируйте и будьте готовы



Содействие укреплению сердечно-сосудистой системы для снижения риска острых коронарных событий



Улучшение санитарно-просветительскую работу по распознаванию симптомов и обеспечение подготовки спасателей по базовой СЛР



Оптимизация региональной сети по оказанию помощи при STEMI для обеспечения своевременного ЧКВ

### 2. Ожидайте и реагируйте



Оцените 12-канальную ЭКГ после восстановления спонтанного кровообращения; повторите, если результаты неубедительны.



Оцените клинические данные, указывающие на острый коронарный синдром.



Маршрутизация при ИМnST и перевод пациента в центр ЧКВ, если имеется подъем сегмента ST или продолжается ишемия.

### 3. Проводите СЛР и используйте стратегию реперфузии.



Рисунок 15. Алгоритм ведения коронарного тромбоза.

### Коронарный тромбоз

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) остается основной причиной внебольничной остановки сердца у взрослых, либо вследствие желудочковых



аритмий, спровоцированных острой ишемией миокарда, либо аритмий, возникающих из-за фиброзного аритмогенного субстрата у пациентов с перенесенным инфарктом миокарда.<sup>219, 220</sup>

В то время как распространенность ИБС увеличивается с возрастом, она также является наиболее частой причиной смерти от сердечных причин у взрослых в возрасте от 35 до 50 лет.<sup>221, 222</sup>

Недавний систематический обзор и мета-анализ показали значимую ИБС в 75% случаев внебольничной остановки сердца,<sup>223</sup> с диапазоном от 88% у пациентов с исходным шоковым ритмом и подъемом сегмента ST на ЭКГ до 54% в случаях без шокового ритма и без подъема ST. "Виновные" поражения были идентифицированы почти в 60% случаев, чаще у пациентов с шоковым ритмом и подъемом ST, в то время как острая коронарная окклюзия была обнаружена примерно в 40% случаев, с большей распространенностью у пациентов с подъемом ST. Среди пациентов с рефрактерной остановкой сердца у 75% была значимая ИБС и у 70% было "виновное" поражение, часто с вовлечением ствола левой коронарной артерии.

Стратегии профилактики ИБС как причины внебольничной остановки сердца должны включать пропаганду здорового образа жизни среди бессимптомных персон, а также устранение модифицируемых факторов риска атеросклероза у пациентов с установленным заболеванием, наиболее эффективно — через кардиологическую реабилитацию.<sup>224, 225</sup>

Санитарное просвещение должно быть направлено на сокращение времени от появления симптомов (таких как боль в груди) до обращения за медицинской помощью, чтобы обеспечить раннюю диагностику и лечение. Техники изменения поведения (планирование действий, информация о последствиях для здоровья, признаках и симптомах, а также инструкции о том, что делать) могут быть полезны для этой конкретной цели.<sup>22</sup>

Обновленный Консенсус по науке с рекомендациями по лечению (CoSTR) Международного комитета по связи в реанимации (ILCOR) за 2022 год заключил, что обучение базовой реанимации (BLS) последовательно улучшает навыки и знания в области BLS и повышает уверенность в выполнении СЛР. Таким образом, рекомендуется обучение BLS для



вероятных очевидцев из групп высокого риска, и медицинские работники должны активно его пропагандировать.<sup>201</sup>

Наряду с инициативами по повышению осведомленности общественности, система здравоохранения должны создавать региональные сети помощи при инфаркте миокарда с подъемом сегмента ST (STEMI), чтобы обеспечить равный и своевременный доступ к чрескожному коронарному вмешательству (ЧКВ).<sup>225</sup>

Недавний систематический обзор и мета-анализ показали, что такие сети могут снижать летальность от STEMI на 35% и долгосрочную смертность на 27%.<sup>227</sup> Интеграция системы экстренной транспортировки была критическим фактором успеха.

*Выявляйте признаки, указывающие на коронарный тромбоз, и активируйте сеть STEMI*

После восстановления спонтанного кровообращения (ВСК) следует снять и оценить 12-канальную электрокардиограмму (ЭКГ) для выявления возможных ишемических изменений. Дополнительные ЭКГ могут помочь в принятии решений, поскольку дефибриляция и время, прошедшее от ВСК до снятия ЭКГ, могут влиять на результаты, при этом процент ложноположительных диагнозов STEMI выше, если ЭКГ выполняется в течение 8 минут после ВСК.<sup>228</sup> Подъем сегмента ST остается наиболее чувствительным и специфичным признаком окклюзии коронарной артерии; однако его отсутствие не исключает полностью это состояние.<sup>229</sup> Другие паттерны ЭКГ — такие как блокада ножки пучка Гиса или диффузная депрессия сегмента ST с одновременным подъемом сегмента ST в отведении aVR и/или V1 — могут указывать на коронарную окклюзию и должны учитываться, если клинический контекст соответствует.<sup>225</sup> Кроме того, внесердечные состояния, такие как субарахноидальное кровоизлияние, также могут вызывать изменения сегмента ST,<sup>230</sup> что подчеркивает важность клинической корреляции.

Рекомендуется комплексный подход, интегрирующий данные ЭКГ и клиническую информацию, указывающую на возможную коронарную причину — такую как история ИБС, боль в груди до остановки или исходный



шоковый ритм.<sup>231</sup> После установления клинического подозрения сеть STEMI должна быть немедленно активирована для обеспечения ранней транспортировки в центр, обладающий возможностями для ЧКВ.

*Проводите реанимацию в соответствии с алгоритмом Расширенной поддержки жизни (ALS) и определите стратегию реперфузии*

*Пациенты с восстановлением спонтанного кровообращения (ROSC) и подъемом сегмента ST.* Реанимация при внебольничной остановке сердца должна следовать стандартному протоколу ALS (см. главу ALS). Пациенты в сознании с сохраняющимся подъемом сегмента ST (или его эквивалентом) после ВСК должны немедленно пройти коронарную ангиографию и ЧКВ в течение 120 минут с момента постановки диагноза, в соответствии со стандартной тактикой ведения STEMI. Если ожидаются значительные задержки, может быть рассмотрен догоспитальный фибринолиз, за исключением случаев длительной или травматической СЛР или наличия других противопоказаний, с последующей немедленной транспортировкой в центр ЧКВ.<sup>225</sup>

Коматозные пациенты с подъемом сегмента ST после ВСК имеют значительно худший прогноз, и нет РКИ, непосредственно сравнивающих раннюю и отсроченную ангиографию в этой группе. Однако, поскольку ранняя ангиография является стандартом лечения для STEMI и нет доказательств, указывающих на обратное, как ILCOR,<sup>232</sup> так и Европейское общество кардиологов<sup>225</sup> рекомендуют тот же подход для этих пациентов.

Медикаментозная терапия должна соответствовать протоколам STEMI для пациентов без остановки сердца.<sup>225</sup> У пациентов, для которых выбрана стратегия первичного ЧКВ, рекомендуется аспирин, и может быть рассмотрено раннее введение ингибитора P2Y12 (тикагрелор или прасутрел предпочтительнее клопидогреля, или внутривенно кангрелор, если пероральный прием невозможен). Нефракционированный гепарин (в/в) является предпочтительным антикоагулянтом, с эноксапарином (п/к) или бивалирудином (в/в) в качестве альтернатив.



Пациенты с восстановлением спонтанного кровообращения (ВСК) и без подъема сегмента ST. В то время как предыдущие наблюдательные исследования предполагали потенциальную пользу ранней коронарной ангиографии у реанимированных пациентов без подъема сегмента ST на ЭКГ,<sup>233, 234</sup> недавние РКИ этого не подтвердили. Систематический обзор и мета-анализ ILCOR за 2021 год<sup>235</sup> сравнивали плановую раннюю (через 2–6 ч) и отсроченную (в течение 24 ч) коронарную ангиографию у бессознательных взрослых пациентов с ROSC после ОНКА. Это включало данные исследований DISCO (n = 79),<sup>236</sup> COACT (n = 552)<sup>237</sup> и PEARL (n = 99)<sup>238</sup> — последнее имело недостаточную мощность. Не было обнаружено преимуществ в выживаемости или неврологических исходах при ранней ангиографии по сравнению с отсроченной у пациентов без подъема ST. В 2022 году обновленный CoSTR ILCOR<sup>232</sup> добавил результаты исследования ТОМАНАВК (n = 554),<sup>239</sup> которое также не выявило преимуществ рутинного раннего подхода. Соответственно, Целевая группа признала как раннюю, так и отсроченную ангиографию приемлемыми у пациентов без подъема ST после ROSC (слабая рекомендация, доказательства низкой достоверности).<sup>232</sup> Два последующих РКИ, EMERGE (n = 279)<sup>240</sup> и COUPE (n = 66),<sup>241</sup> подтвердили эти выводы, несмотря на различия в протоколах исследований и определении исходов, а также ограниченную статистическую мощность.

Важно, что пациенты с шоком, электрической нестабильностью или признаками продолжающейся ишемии были исключены или им было разрешено перейти в группу экстренной помощи. Таким образом, текущие доказательства не поддерживают рутинную раннюю ангиографию по сравнению с отсроченной у стабильных пациентов без подъема ST на ЭКГ после ROSC. Однако индивидуальные решения должны учитывать гемодинамический статус пациента и признаки продолжающейся ишемии. Также рекомендуется исключить некоронарные причины, если клинический контекст предполагает возможную альтернативную этиологию остановки.

Медикаментозное лечение в целом должно следовать рекомендациям по острому коронарному синдрому без подъема сегмента ST при подозрении на него.<sup>225</sup> Аспирин рекомендуется, но рутинное раннее применение ингибиторов P2Y12 не поощряется, если планируется ранняя ангиография.



Нефракционированный гепарин (в/в) и фондапаринукс (п/к) являются предпочтительными антикоагулянтами для стратегий ранней и отсроченной ангиографии соответственно. Однако при наличии опасений по поводу других некоронарных причин остановки разумно воздержаться от назначения антиагрегантов и антикоагулянтов до дальнейшего обследования.

*Пациенты без устойчивого восстановления спонтанного кровообращения (ВСК)* Механическая СЛР и, в конечном счете, экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация (ЭКСЛР) могут быть единственной терапевтической опцией при рефрактерной внебольничной остановке сердца. Первая не показала стабильного превосходства над ручной СЛР, но может облегчить проведение высококачественных компрессий грудной клетки во время транспортировки или выполнения коронарной ангиографии.<sup>242</sup>

Исследования, посвященные ЭКСЛР в этом контексте, сообщают о противоречивых результатах. Обновленный систематический обзор ILCOR сравнил ЭКСЛР с ручной или механической СЛР при рефрактерной внебольничной остановке сердца, оценивая выживаемость и неврологические исходы.<sup>8, 243</sup> Он включил два одноцентровых РКИ: исследование ARREST (n = 30) было досрочно прекращено из-за превосходства в группе ЭКПР по первичному исходу (выживаемость до выписки из стационара). Интерпретация включенных исследований была затруднена из-за различных дизайнов исследований и противоречивых результатов.<sup>244, 245</sup> Многоцентровое РКИ не выявило разницы в 30-дневной выживаемости с благоприятным неврологическим исходом.<sup>246</sup>

Учитывая эти неубедительные выводы, но принимая во внимание потенциальный баланс риска и пользы в этом сценарии с плохим прогнозом, ЭКСЛР может рассматриваться как терапия спасения для отдельных пациентов с внебольничной остановкой сердца, когда традиционная СЛР не позволяет достичь ВСК, при условии, что она может быть реализована.<sup>243</sup>

### ***Токсические агенты***

Интоксикация является одной из восьми обратимых причин остановки сердца. Следовательно, все пациенты с остановкой сердца должны быть



обследованы на предмет признаков отравления, особенно в подозрительных случаях, при неожиданных остановках сердца или при наличии более чем одного пострадавшего. Если интоксикация вероятна, реанимационные бригады должны избегать загрязнения, сначала надев соответствующее средство индивидуальной защиты (СИЗ). Прямой контакт с кожей или вентиляция "рот-в-рот" могут передавать токсические агенты, и поэтому их следует избегать (см. Рис. 7). Терапевтическая стратегия при интоксикации состоит из трех основных направлений:

- Деконтаминация
- Усиленная элиминация
- Антидоты

Полезные онлайн-базы данных центров по лечению отравлений и токсинов можно найти по QR-кодам 2 и 3. Температуру пациента следует измерять, поскольку, как упоминалось ранее, при передозировке лекарств может возникнуть гипо- или гипертермия. В рекомендациях ERC 2021 года представлен подробный обзор по интоксикациям.<sup>99</sup> Эти обновленные рекомендации основаны на последних научных данных, систематических обзорах и экспертном консенсусе. Отдельный подраздел посвящен системной токсичности местных анестетиков.



QR-код. 2 - Всемирный справочник токсикологических центров - предоставлен Всемирной организацией здравоохранения.



QR-код. 3 - PubChem - крупнейшая в мире коллекция свободно доступной химической информации - предоставлена Национальной медицинской библиотекой.

### *Интоксикация опиоидами*

Систематический обзор ILCOR выявил неоднородные результаты относительно пользы терапий уровня расширенной поддержки жизни, специфичных для опиоидов, при остановке сердца.<sup>247</sup> Существующие доказательства недостаточны для рекомендации введения антагониста опиоидов (например, налоксона) при остановке сердца, вызванной отравлением опиоидами.



### *Интоксикация сердечными гликозидами*

Обзор методов лечения пациентов с гемодинамической нестабильностью, вызванной отравлением сердечными гликозидами, выявил улучшение гемодинамического статуса и выживаемости после введения фрагментов дигоксин-иммунного Fab. Благоприятные исходы наблюдались у пациентов, получавших магний, кардиоверсию или кардиостимуляцию.<sup>248</sup>

### *ЭКСПР*

Экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация, по-видимому, связана с повышением выживаемости у пациентов с интоксикацией, находящихся в состоянии рефрактерного кардиогенного шока или остановки сердца.<sup>249</sup>

### *Травматическая остановка сердца*

Травматическая остановка сердца связана с очень высокой летальностью, и хороший неврологический исход регистрируется менее чем у 50% выживших. Реагирование при травматической остановке сердца критически зависит от времени, и успех зависит от хорошо налаженной цепи выживания, включающей расширенную догоспитальную помощь и специализированную помощь в травматологическом центре.

Неотложные реанимационные мероприятия при травматической остановке сердца сосредоточены на одновременном устранении обратимых причин, что имеет приоритет над компрессиями грудной клетки. Доказательная база основана на девяти систематических обзорах и обновлениях доказательств, а также на консенсусе экспертной группы.<sup>250-258</sup>

В Европе травматическая остановка сердца составляет 4% от всех остановок сердца, происходящих в догоспитальных условиях.<sup>259</sup> Данные регистров о выживаемости варьируются от 0%<sup>260</sup> до 37%.<sup>261</sup> Недавний систематический обзор<sup>255</sup> по травматической остановке сердца, включивший 36 исследований и в общей сложности 51 722 пациентов, сообщил об общем уровне летальности 96,2%, при этом 43,5% выживших достигли благоприятного неврологического исхода. Наличие врача на месте происшествия было связано с улучшением исходов (выживаемость 6,1% против 2,4% и благоприятный неврологический исход 57,0% против 38,0% с



врачом и без него соответственно). Другой систематический обзор подтвердил эти наблюдения.<sup>253</sup>

Факторы, имеющие значение для прогнозирования, перечислены в Таблице 7.

#### *Отказ от начала реанимации*

Американский колледж хирургов и Национальная ассоциация врачей скорой медицинской помощи рекомендуют воздерживаться от начала реанимации в ситуациях, когда смерть неизбежна или констатирована, а также у пациентов с травмой, у которых присутствуют апноэ, отсутствие пульса и отсутствие организованной электрической активности на ЭКГ.<sup>271</sup> Однако были зарегистрированы случаи выживания пациентов с неврологически полноценным восстановлением, изначально находившихся в таком состоянии.<sup>272</sup>

На основании экспертного консенсуса ERC рекомендует следующий подход:

Рассмотрите возможность отказа от начала реанимации при травматической остановке сердца при наличии любого из следующих условий:

- Отсутствие признаков жизни в течение предшествующих 15 минут.
- Массивной травмы, несовместимой с жизнью (например, декапитация, обширное разрушение сердца, массивная черепно-мозговая травма с утратой мозгового вещества).
- Отсутствия ROSC в течение 20 минут после устранения обратимых причин.
- Отсутствия определяемой ультразвуковой активности сердца при электромеханической диссоциации (БЭА) через 20 минут после устранения обратимых причин.

#### *Предотвратимые смерти*

Для диагностики травматической остановки сердца (ТОС) должны присутствовать правдоподобные признаки травмы или, по крайней мере, механизм повреждения, указывающий на травму. При отсутствии



идентифицируемого механизма или видимых признаков травмы вместо этого следует руководствоваться стандартным алгоритмом расширенной поддержки жизни (ALS). Использование ультразвука в этом контексте поддерживает диагностику, помогая дифференцировать состояния вблизи остановки сердца от ТОС, выявлять обратимые причины и, соответственно, направлять реанимационные усилия.<sup>273</sup>

Значительная доля смертей, связанных с травмой, может быть ошибками в лечении. Среди городского населения Германии распространенность потенциально предотвратимых догоспитальных смертей от травм составила 15,1%,<sup>274</sup> тогда как в городской популяции США этот показатель был выше — 29%.<sup>275</sup> В Австралии уровень потенциально предотвратимых смертей от травм составил 20%.<sup>276</sup> Во всех этих исследованиях массивная кровопотеря была определена как ведущая причина предотвратимой смерти.

Принимая эти данные во внимание, ERC рекомендует прохождение аккредитованной программы обучения по ведению травмы для тех, кто участвует в оказании помощи пациентам с травмой. В идеале такой формат обучения должен отражать стандартный командный подход, принятый в европейских системах здравоохранения.<sup>277</sup>

Обратимые причины, связанные с ТОС, включают: неконтролируемое кровотечение (48%); напряженный пневмоторакс (13%); асфиксию (13%); и тампонаду сердца (10%). Наиболее часто регистрируемыми ритмами при травматической остановке сердца являются беспульсовая электрическая активность (БЭА) или асистолия, в зависимости от временного интервала между остановкой кровообращения и первой записью ЭКГ: БЭА (66%); асистолия (30%); ФЖ (4%).<sup>278</sup>

Ключевые патофизиологические механизмы, приводящие к травматической остановке сердца, перечислены в Таблице 8.

По мере прогрессирования этих механизмов за критический порог наступает необратимая недостаточность кровообращения:

- Прогрессирующая брадикардия и гипотензия (вызванные тяжелой гипоксией и ацидозом)
- БЭА с минимальной сердечной активностью по УЗИ (Псевдо-БЭА) — состояние, при котором сердце демонстрирует слабую



сократительную активность на УЗИ, но не генерирует эффективный пульс или кровообращение.<sup>266</sup>

- БЭА без сердечной активности, определяемой на УЗИ. Летальность при этом состоянии приближается к 100%.
- Асистолия — конечная стадия остановки сердца, характеризующаяся отсутствием электрической и механической активности.

**Таблица 7 – Прогнозирование исхода при травматической остановке сердца**

-	+
Возраст	Экстренная операция.
Женщина	Лечение в крупном травматологическом центре
Повышенный индекс тяжести повреждений	Шоковый (дефибриллируемый) ритм ЭКГ.
Головные боли	Реактивные зрачки.
Шок при поступлении	Дыхательная активность.
Необходимость переливания крови	Спонтанные движения глаз или конечностей.
СЛР в отделении неотложной помощи.	Организованный ритм ЭКГ.
Дети	Более короткая продолжительность СЛР.
	Сокращенное догоспитальное время.
	Проникающее ранение грудной клетки.
	Остановка сердца, произошедшая при свидетелях.
	Сердечные сокращения при УЗИ.

### *Эффективность компрессий грудной клетки*

В случаях остановки сердца, вызванной гиповолемией, тампонадой сердца или напряженным пневмотораксом, эффективность компрессий грудной клетки неопределенна. Их влияние, вероятно, зависит от наполнения желудочков, которое нарушено при этих состояниях. В периарестных состояниях (псевдо-БЭА) компрессии грудной клетки могут даже снижать оставшийся сердечный выброс, дополнительно уменьшая венозный возврат.<sup>279–281</sup> Следовательно, проведение компрессий грудной клетки не должно задерживать немедленное устранение обратимых причин.

После реанимационной торакотомии может быть полезным прямой массаж сердца (открытые компрессии). Пациенты с травматической остановкой сердца в течение первых шести часов после поступления в стационар могут получить пользу от прямого массажа сердца вместо закрытых компрессий; в одном ретроспективном исследовании прямой массаж сердца при травматической остановке сердца был связан с более высокой



долгосрочной выживаемостью как при проникающих, так и при тупых травмах. Однако это исследование не рассматривает вопрос устранения обратимых причин.<sup>282</sup>

**Таблица 8 – Основные причины травматической остановки сердца и их патофизиология.**

Причина	Патогенез	Воздействие на циркуляцию
Гиповолемический шок	Массивная кровопотеря (неадекватная преднагрузка и сердечный выброс).	Снижение наполнения правого желудочка → гипотензия, снижение сердечного выброса → тканевая гипоперфузия, включая коронарное кровоснабжение → тканевая гипоксия → метаболический ацидоз, шок, на ЭКГ типична БЭА (электромеханическая диссоциация), переходящая в асистолию.
Напряжённый пневмоторакс.	Повышенное внутригрудное давление → нарушение венозного возврата.	
Тампонада сердца.	Накопление крови в перикарде → ограничение наполнения желудочков.	
Гипоксия\асфиксия	Нарушение проходимости дыхательных путей, повреждение легких или апноэ вследствие черепно-мозговой травмы	Прогрессирующая гипоксемия → брадикардия → БЭА (электромеханическая диссоциация) → асистолия.
Метаболический ацидоз (способствующий фактор).	Ишемия вследствие длительной гипоксии и гипоперфузии.	Сердечная дисфункция, сниженная сократимость.
Нейрогенный шок (способствующий фактор).	Потеря (утрата) симпатического тонуса.	Усугубляет другие шоковые состояния, ухудшая гипотензию.

Специалисты, не имеющие подготовки для устранения обратимых причин, должны следовать стандартному алгоритму расширенной поддержки жизни (ALS) и приоритизировать быструю транспортировку в условиях проведения ALS или базовой поддержки жизни (BLS), в зависимости от возможностей системы. Те, кто обладает необходимым опытом, должны принимать решения в каждом конкретном случае на основе доступных ресурсов, вероятных обратимых причин и региональных рекомендаций.



### *Роль инотропных и вазопрессорных препаратов*

Хотя адреналин может повышать частоту восстановления спонтанного кровообращения (ВСК) при остановке сердца медицинского генеза,<sup>283</sup> его роль при травматической остановке сердца (ТОС) неясна.<sup>284</sup> Эти препараты могут служить временной мерой до устранения обратимых причин. Их применение также может рассматриваться при шоке на поздней стадии с сердечной дисфункцией или смешанных шоковых состояниях, таких как травма с нейрогенным компонентом. Основной целью при травматической остановке сердца является выявление и устранение любых обратимых причин, что должно иметь приоритет над терапией инотропами/вазопрессорами.

### *Догоспитальная помощь*

Алгоритм ТОС (Рис. 8) применим не только к пациентам с травматической остановкой сердца, но и к пациентам с травмой в состоянии периареста, у которых присутствуют признаки надвигающегося коллапса кровообращения. В обоих сценариях реакция должна быть немедленной, целенаправленной и адаптированной к возможностям догоспитальной системы. Выбор между стратегией «остаться и лечить» (stayandtreat) и «загрузить и везти» (scoopandrun) или «лечи по пути» (treat-as-you-go) зависит не столько от географического расположения, сколько от доступного набора навыков, оборудования и инфраструктуры системы. В высокообученных системах с расширенными возможностями спасательные вмешательства могут быть осуществимы на месте. В других случаях немедленная транспортировка может быть лучшим шансом на выживание при условии, что во время транспортировки обеспечен базовый контроль кровотечения и оксигенация. Независимо от конфигурации системы, следует избегать задержки времени на догоспитальном этапе.<sup>273</sup> Крайне важно раннее предупреждение Основного травматологического центра (ОТЦ). В случаях продолжающегося кровотечения или тяжелых физиологических нарушений пациент должен быть объявлен «Красным кодом» (или эквивалентом), что позволяет больнице активировать протокол массивной трансфузии, мобилизовать травматологическую бригаду и обеспечить немедленный доступ к хирургической помощи по прибытии.



Недавно опубликованные практические рекомендации Королевского колледжа хирургов Эдинбурга по травматической остановке сердца дают всесторонний обзор догоспитального ведения.<sup>285</sup>

### *Стационарная помощь*

Успешное лечение травматической остановки сердца требует высококоординированного, командного подхода, при котором все жизненно важные вмешательства проводятся параллельно, а не последовательно, на основе клинических приоритетов, определяемых состоянием пациента. Основное внимание уделяется быстрому выявлению и устранению всех потенциально обратимых причин, чтобы максимизировать шансы на выживание. Проспективное обсервационное исследование у пациентов с профузным кровотечением и систолическим артериальным давлением < 90 мм рт.ст. показало более низкую 30-дневную летальность (17,5% против 72,0%,  $p < 0,001$ ) при приоритизации кровообращения (подход САВ) над интубацией трахеи (подход АВС), что позволило провести реанимационный контроль кровотечения до начала вентиляции.<sup>286</sup> Рис. 8 иллюстрирует алгоритм травматической (пери-)остановки сердца, который основан на универсальном алгоритме ALS, но интегрирует специфические для травмы модификации с учетом уникальных сложностей ведения травматической остановки сердца.

Мультидисциплинарный командный подход с участием травматологов-хирургов, врачей скорой помощи, анестезиологов, рентгенологов, реаниматологов и сестринского персонала необходим для обеспечения того, чтобы каждое критическое вмешательство начиналось без задержки, в соответствии с непосредственными потребностями пациента.

### *Лечение обратимых причин при травматической остановке сердца*

*Гиповолемия.* Лечение тяжелой гиповолемии включает несколько компонентов. Основной принцип — достижение немедленного гемостаза. Временная остановка кровотечения может быть спасением жизни.<sup>273</sup> Сжимаемое наружное кровотечение можно контролировать с помощью возвышения положения (кровотокающей конечности), прямого или непрямого давления, давящих повязок, жгутов и местных гемостатических средств.<sup>273, 287</sup>



Не поддающееся компрессии кровотоечение устранить сложнее; во время транспортировки пациента для хирургического контроля кровотоечения можно использовать шины (тазовый бандаж), препараты крови, внутривенные растворы и транексамовую кислоту.<sup>288</sup>

Немедленная окклюзия аорты рекомендуется в качестве крайней меры у пациентов с профузным и неконтролируемым кровотоечением из туловища ниже диафрагмы. Это может быть достигнуто с помощью реанимационной торакотомии и пережатия (или ручной компрессии) нисходящей аорты или реанимационной эндоваскулярной баллонной окклюзии аорты (REBOA). Нет доказательств превосходства одной методики над другой.<sup>289</sup> Обе являются высокоспециализированными вмешательствами, требующими соответствующего опыта и оборудования. Недавнее британское исследование REBOA<sup>290</sup> при травматическом шоке выявило возможное увеличение летальности. ERC не рекомендует использование REBOA за пределами клинических исследований.

При гиповолемической травматической остановке сердца обязательным является немедленное восстановление объема циркулирующей крови с помощью препаратов крови. Догоспитальное переливание свежезамороженной плазмы и эритроцитарной массы может повысить выживаемость, особенно в случаях с пролонгированным временем оказания помощи на догоспитальном этапе.<sup>291, 292</sup> Недавние данные свидетельствуют о дополнительной пользе от переливания цельной крови.<sup>258, 293</sup>

*Гипоксия.* При травматической остановке сердца гипоксемия может быть вызвана обструкцией дыхательных путей, травматической асфиксией или апноэ, вызванным поражением ЦНС.<sup>294</sup>

Апноэ при повреждении мозга является недооцененной причиной заболеваемости и смертности при травмах, но не обязательно связано с несовместимым с жизнью повреждением мозга.<sup>295</sup> Данные из базы данных Национальной аудиторской и исследовательской сети по травмам (National Trauma Audit and Research Network) в Великобритании сообщают о 15% выживаемости с 90% благоприятным исходом среди пациентов с травматической остановкой сердца и апноэ, вызванным повреждением



мозга.<sup>296</sup> Апноэ при повреждении мозга может усугублять течение черепно-мозговой травмы и приводить к асфиксии при отсутствии лечения. Эффективное обеспечение проходимости дыхательных путей и вентиляция кислородом могут предотвратить и обратить гипоксическую остановку сердца. В недавнем национальном голландском исследовании 52% травматических остановок сердца были из-за апноэ, связанным с черепно-мозговой травмой.<sup>297</sup>

Контролируемая вентиляция у пациентов с нарушением кровообращения сопряжена со значительными рисками из-за повышения внутригрудного давления,<sup>298, 299</sup> что может привести к дальнейшему снижению сердечного выброса, вызванному:

- Затруднением венозного возврата к сердцу, особенно при выраженной гиповолемии.
- Снижением диастолического наполнения, особенно при тампонаде сердца.
- Превращением пневмоторакса в напряженный пневмоторакс.

Минимизация внутригрудного давления с использованием низких дыхательных объемов и минимального ПДКВ (РЕЕР) может помочь оптимизировать преднагрузку на сердце. Вентиляцию следует контролировать с помощью капнографии и корректировать для достижения нормокапнии.<sup>265, 300, 301</sup>

### *Напряженный пневмоторакс*

Напряженный пневмоторакс является обратимой причиной остановки сердца и должен быть исключен при травматической остановке сердца. Он может привести к остановке сердца, нарушая венозный возврат вследствие смещения средостения и ухудшая эффективный газообмен. Искусственная вентиляция легких с положительным давлением может преобразовать простой пневмоторакс в напряженный.<sup>302</sup> Распространенность напряженного пневмоторакса составляет примерно 0,5% среди всех пациентов с тяжелой травмой, получающих лечение в догоспитальных условиях, и у 13% из них развивается травматическая остановка сердца.<sup>278</sup> Диагностика напряженного пневмоторакса у пациента с остановкой сердца или гемодинамической



нестабильностью должна основываться на клиническом обследовании или прикроватном УЗИ (POCUS). К симптомам относятся гемодинамические нарушения (гипотензия или остановка сердца) в сочетании с признаками, указывающими на пневмоторакс (предшествующий респираторный дистресс, гипоксия, отсутствие дыхательных шумов с одной стороны при аускультации, подкожная эмфизема и смещение средостения с отклонением трахеи и набуханием яремных вен).<sup>302</sup> Клиническая картина напряженного пневмоторакса не всегда классическая, но при его подозрении на фоне остановки сердца или тяжелой гипотензии следует немедленно выполнить декомпрессию грудной клетки путем открытой торакотомии.

Для декомпрессии грудной клетки при травматической остановке сердца выполняется двустороннее дренирование в четвертом межреберье по средней подмышечной линии, при необходимости допуская расширение до торакотомии по типу "раковины моллюска" (clamshell). Игловой торакоцентез следует попытаться выполнить, если исполнитель не обладает навыками для выполнения торакотомии или если необходимые хирургические инструменты недоступны немедленно.<sup>303–306</sup>

*Тампонада сердца и реанимационная торакотомия.* Тампонада сердца является частой причиной остановки сердца при проникающей травме грудной клетки. Специалисты, обладающие необходимыми клиническими навыками, компетенцией и оборудованием, могут восстановить кровообращение с помощью немедленной реанимационной торакотомии, выполняемой по типу "раковины моллюска" или через левый передне-боковой разрез.<sup>307, 308</sup> Систематический обзор, посвященный игловой перикардиоцентезу при травматической тампонаде сердца, показал, что эта методика продолжает иметь ограниченное применение в нетравматологических центрах, где немедленное хирургическое лечение недоступно.<sup>309</sup>

Хотя реанимационная торакотомия часто выполняется для устранения тампонады сердца, ее показания не ограничиваются этим состоянием. Реанимационная торакотомия также применима для прямого контроля кровотечения, пережатия аорты и проведения прямого массажа сердца.<sup>282</sup>



Анализ 49 исследований в догоспитальных условиях и условиях приемного отделения.<sup>251</sup> Исследование показало, что время является критическим фактором: выполнение догоспитальной реанимационной торакотомии более чем через пять минут после прибытия на место происшествия было связано с увеличением неврологических осложнений, а задержка более десяти минут от момента первого контакта с пациентом до торакотомии была связана с более высокой летальностью.

У пациентов с показателем тяжести травмы (Injury Severity Score) 25 и выше и у пациентов без признаков жизни исходы были хуже. В целом летальность была выше при догоспитальной реанимационной торакотомии (93,5%) по сравнению с торакотомией в приемном отделении (81,8%) ( $P = 0,02$ ). Среди случаев торакотомии в приемном отделении летальность была значительно выше у пациентов с тупой травмой (92,8%) по сравнению с пациентами с проникающими ранениями (78,7%) ( $P < 0,001$ ).

В заключение, экстренная реанимационная торакотомия является вмешательством высокого риска, с лучшими показателями выживаемости в условиях стационара, и своевременное вмешательство в течение 5–10 минут имеет решающее значение для улучшения исходов. У пациентов с тупой травмой прогнозы на выживание хуже по сравнению с пациентами с проникающими ранениями.

Предпосылки для успешной реанимационной торакотомии могут быть обобщены в «правиле четырех E»:

- Экспертиза (Expertise): Команды, выполняющие реанимационную торакотомию, должны возглавляться высококвалифицированным и компетентным медицинским специалистом. Эти команды должны работать в рамках надежной системы управления и протоколов.
- Оборудование (Equipment): Обязательно наличие адекватного оборудования для проведения реанимационной торакотомии и устранения выявленных внутригрудных повреждений.
- Условия (Environment): В идеале реанимационная торакотомия должна выполняться в операционной. Ее не следует проводить при недостаточном физическом доступе к пациенту или если до принимающего стационара трудно быстро добраться.



- Истекшее время (Elapsedtime): Время с момента утраты витальных функций до начала реанимационной торакотомии не должно превышать 15 минут.

Если хотя бы один из четырех критериев не соблюден, реанимационная торакотомия бесполезна и подвергает бригаду ненужным рискам.<sup>310</sup>

Ретроспективное когортное исследование показало, что догоспитальная реанимационная торакотомия при травматической остановке сердца была связана с выживанием 3,8 % пациентов с благоприятным неврологическим исходом, у всех из которых наблюдалась тампонада сердца после проникающей травмы, и ни у одного из пациентов с кровопотерей или другой патологией не было выживших с благоприятным неврологическим исходом. Не было выживших более 15 минут после травматической остановки сердца из-за тампонады сердца и 5 минут после остановки сердца, вызванной кровопотерей.<sup>311</sup>

#### *Постреанимационное ведение после травматической остановки сердца*

Как и при всех этиологиях остановки сердца, оптимизация сердечного выброса необходима для восстановления оксигенации и удовлетворения метаболических потребностей постреанимационной физиологии. Это включает инфузионную терапию и вазопрессорную поддержку по мере необходимости для поддержания адекватной тканевой перфузии и доставки кислорода. Раннее проведение компьютерной томографии всего тела может помочь выявить основные повреждения и направить первоначальное лечение после восстановления спонтанного кровообращения, обнаруживая угрожающие жизни состояния, такие как продолжающееся кровотечение, пневмоторакс или тампонада сердца, которые могут потребовать немедленного вмешательства.

Принцип реанимации, контролирующей повреждение рекомендуется при неконтролируемом кровотечении в травматологии. Реанимация с контролем повреждений объединяет перmissive гипотензию, гемостатическую реанимацию и операцию, контролирующую повреждение. Данные поддерживают консервативный подход к внутривенной инфузии, поддерживая артериальное давление на уровне, не превышающем



необходимый для сохранения пальпируемого пульса на лучевой артерии, до достижения хирургического гемостаза. Однако необходима осторожность при черепно-мозговой травме, когда повышенное внутричерепное давление может потребовать более высокого артериального давления для достижения достаточного церебрального перфузионного давления. Продолжительность гипотензивной реанимации не должна превышать 60 минут, поскольку после этого риск необратимого повреждения органов перевешивает ее преимущества.<sup>312-314</sup>

Контроль температуры имеет решающее значение, поскольку гипотермия усугубляет коагулопатию, ацидоз и гемодинамическую нестабильность («смертельная триада»). Для предотвращения дальнейшего ухудшения состояния следует рано применять стратегии активного согревания, включая подогрев инфузионных растворов, внешние устройства для согревания и поддержание оптимальной температуры в реанимационной среде.

Управление коагуляцией является ключевым компонентом реанимации, поскольку травма-индуцированная коагулопатия может усугублять кровотечение и дисфункцию органов. Стратегии включают раннее введение препаратов крови (например, плазмы, тромбоцитов, фибриногена или цельной крови), транексамовую кислоту и прикроватный мониторинг коагуляции для проведения целенаправленной гемостатической терапии.

## **Особые условия**

### ***Остановка сердца в отделении рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения (РЭМДиЛ)***

Возникновение и исходы остановки сердца в кардиологическом РЭМДиЛ («Cath Lab») варьируются в зависимости от условий, профиля пациента и типа выполняемого вмешательства. Случаи варьируются от плановых рутинных процедур до экстренного лечения критически больных пациентов с ишемией сердца, шоком или угрожающими жизни аритмиями. Кроме того, интервенционные вмешательства при структурных пороках сердца, часто направленные на пожилых пациентов высокого риска, становятся все более



распространенными и сложными. Причины остановки сердца в этих условиях, среди прочего, включают тяжелую ишемию, тампонаду, аритмии, сосудистую перфорацию/диссекцию или анафилаксию.

## 1. Профилактируйте и будьте готовы



Обеспечить надлежащую подготовку персонала по техническим навыкам и ALS



Убедитесь, что экстренное оборудование исправно и всегда готово к использованию.



Тщательно планируйте процедуры и используйте чек-листы безопасности.

## 2. Обнаруживайте и реагируйте



Регулярно проверяйте состояние пациента и контролируемые жизненные показатели.



При гемодинамической нестабильности или осложнениях следует рассмотреть возможность проведения эхокардиографии.



В случае остановки сердца вызовите скорую помощь и реанимационную бригаду.

## 3. Реанимируйте и лечите обратимые причины



## Продолжайте СЛР в соответствии с алгоритмами ALS

- Проверить и устранить обратимые причины, используя ультразвуковое исследование и ангиографию.
- Рассмотреть возможность проведения механической сердечно-легочной реанимации для облегчения компрессий грудной клетки.
- Рассмотреть возможность проведения ЭКМО при рефрактерной остановке сердца.
- Рассмотреть возможность использования устройств для поддержания кровообращения в случае шока после восстановления спонтанного кровообращения.

Рисунок 16. Лечение остановки сердца в отделении РЭМДиЛ.

Недавний обзор ILCOR<sup>315</sup> оценил общую частоту остановки сердца в РЭМДиЛ в 0,2–0,5 % для всех процедур.<sup>316, 317</sup> При ЧКВ частота несколько выше (0,8–2 %),<sup>318–320</sup> а при инфаркте миокарда с подъемом сегмента ST — еще



выше (1,9–5,5 %), преимущественно с начальным ритмом фибрилляции желудочков.<sup>321–325</sup>

Общие показатели первоначальной выживаемости составляют от 67 % до 77 % на момент события<sup>316, 317, 326</sup> и от 38 % до 56 % при выписке из стационара.<sup>317, 326</sup> Для ЧКВ и STEMI выживаемость до выписки выше (82–100 %).<sup>321, 322, 327</sup>

### *Профилактика и готовность*

Адекватное обучение имеет важное значение для обеспечения наилучших исходов при остановке сердца в катетеризационной лаборатории. Персонал должен быть обучен расширенной поддержке жизни и готов к быстрому распознаванию и устранению процедурно-специфических рисков и осложнений, включая кардиостимуляцию, перикардиоцентез, инициирование использования устройств поддержки желудочков или ЭКПР. Аварийное оборудование должно быть исправным и легкодоступным (см. Рис. 16).

Исследования поддерживают проведение периодических симуляционных тренировок по чрезвычайным ситуациям для совершенствования технических и нетехнических навыков работы в РЭМДиЛ.<sup>327</sup> Обучение нетехническим навыкам способствует минимизации ошибок в этих условиях.<sup>328</sup> Рекомендуется тщательная оценка соотношения риск-польза и планирование плановых процедур для минимизации осложнений. Сообщается, что использование контрольных списков безопасности эффективно снижает количество человеческих ошибок и привело к уменьшению числа осложнений.<sup>329</sup>

### *Выявление и реагирование*

Мониторлируемые жизненные показатели пациента, включая ЭКГ, должны регулярно проверяться для раннего выявления осложнений. Эхокардиография должна быть легкодоступна в случае гемодинамической нестабильности или подозрения на осложнение (например, тампонаду сердца). Чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ), часто используемая для мониторинга при интервенционных вмешательствах по поводу структурных пороков сердца в катетеризационной лаборатории, может способствовать более раннему



выявлению осложнений благодаря изображениям более высокого качества и точности.<sup>330</sup>

Остановка сердца в РЭМДИЛ должна немедленно привести к вызову помощи и активации реанимационной бригады.<sup>316</sup> В то время как персонал катетеризационной лаборатории должен незамедлительно начать СЛР, для поддержания СЛР при одновременном устранении обратимых причин необходима дополнительная поддержка. В зависимости от предполагаемого основного осложнения или причины остановки следует также оповестить команду кардиохирургов. Важно, как подчеркивается в рекомендациях Объединенных британских обществ по ведению остановки сердца в катетеризационной лаборатории,<sup>331</sup> чтобы все члены экстренной команды надевали защитные свинцовые фартуки перед входом, поскольку часто может потребоваться рентгеноскопия. Заранее обеспечьте наличие адекватного запаса свинцовых фартуков, а также защиты для глаз и щитовидной железы в легкодоступном месте.

#### *Реанимация и устранение возможных причин*

Остановку сердца в РЭМДиЛ в целом следует вести в соответствии с алгоритмом Расширенной поддержки жизни (ALS) по Рекомендациям ERC 2025<sup>164</sup>, с некоторыми изменениями.

При возникновении фибрилляции желудочков или желудочковой тахикардии без пульса (ФЖ/ЖТ) в условиях мониторинга рекомендуется немедленная дефибрилляция с нанесением до трех серийных разрядов при сохранении дефибриляторного ритма, прежде чем начинать компрессии грудной клетки. Этот подход согласуется с рекомендациями для остановки сердца, произошедшей при свидетелях, у мониторируемых пациентов с дефибриляторным ритмом, когда дефибрилятор доступен.

В случае беспульсовой электрической активности (БЭА) / асистолии следует начать СЛР и ввести адреналин.

Однако выраженная брадикардия может быть купирована с помощью наружной или трансвенозной временной кардиостимуляции, особенно если она возникает из-за атриовентрикулярной блокады, осложняющей данные



процедуры, такие как трансаортальная имплантация клапана, вмешательства на трикуспидальном клапане или катетерная абляция.

Во время остановки сердца для устранения обратимых причин могут потребоваться инвазивные процедуры в ходе продолжающейся СЛР или немедленно после восстановления спонтанного кровообращения (такие как ЧКВ, перикардиоцентез или инициирование использования устройства механической поддержки).<sup>331</sup>

#### *Ультразвуковое исследование у постели больного (POCUS)*

ILCOR провел обзор диагностической точности POCUS в выявлении обратимых причин остановки сердца в различных сценариях, заключив, что проведение POCUS может рассматриваться во время остановки сердца в катетеризационной лаборатории, если его выполняет опытный персонал без прерывания СЛР, особенно когда имеется клиническое подозрение на конкретную обратимую причину.<sup>332</sup> У пациентов, уже находящихся на ЧПЭхоКГ в момент остановки сердца, может рассматриваться возможность оставления зонда ЧПЭхоКГ на месте, если дыхательные пути защищены, поскольку ЧПЭхоКГ может предоставить дополнительную информацию и помочь в проведении ЭКПР или установки устройства механической поддержки, если оператор обладает достаточной квалификацией, и при этом не мешать проведению компрессий грудной клетки. Однако использование этих инструментов не должно нарушать соблюдение алгоритма ALS.

#### *Механическая СЛР*

В систематическом обзоре ILCOR оценивалось влияние устройств для механической компрессии грудной клетки по сравнению с ручной компрессией на исходы остановки сердца.<sup>242</sup> Были найдены доказательства против рутинного использования автоматических механических компрессий для замены ручных компрессий при внутрибольничной остановке сердца. Однако механическая СЛР считалась разумной альтернативой, когда высококачественные ручные компрессии могут поставить под угрозу безопасность спасателя или помешать проведению критических процедур, таких как те, что выполняются в РЭМДиЛ



Кроме того, обзор ILCOR по остановке сердца в катетеризационной лаборатории<sup>315</sup> описывал исходы остановки сердца в катетеризационной лаборатории после использования механической СЛР, в основном во время ЧКВ или канюляции для механической поддержки кровообращения или экстракорпоральной СЛР. Смешанные когорты, включенные в оставшиеся исследования, и непоследовательная отчетность об исходах затруднили интерпретацию, поэтому общие результаты в этих условиях неопределенны.

Пока не будут получены новые доказательства, механическая СЛР может использоваться в катетеризационной лаборатории в соответствии с положениями ILCOR CoSTR, рассмотренными выше.<sup>242</sup> Важно, что при использовании следует минимизировать паузы во время установки устройства и обеспечить правильное позиционирование, чтобы избежать висцеральных повреждений.

#### *Экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация (ЭКСЛР)*

Применение вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации (VA-ECMO) для поддержки пациентов с рефрактерной остановкой сердца (ЭКСЛР) недавно было обновлено ILCOR.<sup>243</sup> В условиях стационара ЭКСЛР рассматривалась как терапия спасения для отдельных пациентов с рефрактерной остановкой сердца, если ее применение целесообразно. Недавний обзорный обзор ILCOR<sup>315</sup> охватил использование ЭКСЛР в РЭМДиЛ. Большая часть доказательств получена из реестра Extracorporeal Life Support Organization с 39% выживаемостью до выписки из стационара.<sup>333</sup>

Несмотря на потенциальные преимущества в поддержании реанимации при одновременном устранении обратимых причин, доказательства ограничены из-за неоднородности исследований и высокого риска смещения. Тем не менее, учитывая соотношение риск-польза, ЭКСЛР может рассматриваться для отдельных пациентов с остановкой сердца в катетеризационной лаборатории на основе клинических обстоятельств, доступных ресурсов и опыта. ЭКСЛР облегчает выполнение диагностических или терапевтических процедур, включая коронарную



ангиографию/ангиопластику, легочную эмболэктомию или кардиохирургические вмешательства.

### *Механическая поддержка кровообращения*

В катетеризационной лаборатории может использоваться ряд временных устройств для поддержки насосной функции сердца, обеспечивающих различный уровень гемодинамической поддержки при тяжелой сердечной недостаточности или во время процедур высокого риска. Распространенные примеры включают внутриаортальный баллонный контрпульсатор, Impella®, TandemHeart® или VA-ECMO.

ILCOR рассмотрел вопрос использования устройств механической поддержки кровообращения при кардиогенном шоке после восстановления спонтанного кровообращения в любых условиях.<sup>334</sup> Анализ не показал преимуществ в выживаемости на различных этапах наблюдения при сравнении раннего рутинного использования устройств со стандартной терапией. Однако большая часть доказательств получена от пациентов с кардиогенным шоком, а не конкретно от тех, кто был реанимирован после остановки сердца.

В заключение, механическая поддержка кровообращения у пациентов с кардиогенным шоком после ВСК в РЭМДиЛ может рассматриваться в отдельных случаях. Индивидуальные решения должны учитывать клиническую картину, доступность устройств и опыт команды. При использовании рекомендуется тщательный мониторинг осложнений для обеспечения своевременного лечения.

### *Внутрикоронарное введение адреналина*

Недавний обзорный обзор ILCOR по остановке сердца в РЭМДиЛ включал сравнение внутрикоронарного введения адреналина с периферическим внутривенным или центральным венозным введением.<sup>334</sup>

Введение адреналина через центральный внутривенный и внутрикоронарный доступы было ассоциировано с более высокими показателями восстановления спонтанного кровообращения (ВСК), выживаемости до выписки из стационара и выживаемости с благоприятным



неврологическим исходом по сравнению с периферическим внутривенным введением. Однако внутрикоронарное введение было связано с повышенным риском тромбоза стента.

Несмотря на эти обнадеживающие результаты, текущих доказательств недостаточно для рекомендации рутинного внутрикоронарного введения адреналина во время остановки сердца в отделении РЭМДиЛ.

### *Утопление*

После того как Всемирная организация здравоохранения признала утопление серьезной проблемой общественного здравоохранения — особенно в условиях ограниченных ресурсов — ежегодная глобальная смертность от утопления снизилась с 370 000 в 2000 году до 300 000 в 2021 году.<sup>335</sup> Это снижение может быть связано с законодательством и нормативными актами (например, ограждениями бассейнов и обязательным использованием спасательных жилетов),<sup>336</sup> а также с эффективными профилактическими мерами (например, детскими садами для детей и обучением правилам безопасности на воде).<sup>337</sup> Случаи смертельного утопления связаны с несколькими факторами риска: 1) пол: мужчины тонут до шести раз чаще, чем женщины; 2) возраст: хотя в Европе утопление является четвертой по значимости причиной смерти детей в возрасте 5–14 лет, наибольшая частота случаев наблюдается среди лиц старше 50 лет; 3) место: внутренние водоемы представляют собой зону значительного риска; 4) обстоятельства, такие как употребление алкоголя и статус мигранта, увеличивают вероятность утопления. Статистика ВОЗ не включает смертельные случаи от утопления в результате самоубийств (наиболее частая причина смерти от утопления в нескольких европейских странах), транспортных происшествий или стихийных бедствий, таких как наводнения.<sup>338–340</sup> Большинство случаев смертельного утопления никогда не попадают в систему здравоохранения, потому что спасательные или поисковые работы часто происходят слишком поздно для медицинского вмешательства.<sup>341</sup>

Рекомендации основаны на обзоре 2021 года и систематическом обзоре 2023 года.<sup>342, 343</sup> РКИ отсутствуют. Большинство рекомендаций представляют собой заявления о надлежащей практике или экспертное мнение, основанное



на косвенных доказательствах, и соответствуют позиционным заявлениям Медицинской комиссии Международной федерации спасания жизни.<sup>344</sup>

Утопление определяется как «процесс нарушения дыхания в результате погружения в жидкость».<sup>345</sup> Погружение — это ситуация, при которой человек находится в жидкости, а дыхательные пути остаются над поверхностью жидкости, в то время как полное погружение относится к состоянию, при котором дыхательные пути остаются под водой. Когда нарушение дыхания прогрессирует во время полного погружения, работа сердца замедляется и в конечном итоге останавливается из-за продолжительной гипоксии, и только реанимация может предотвратить переход механизма утопления в фатальный исход.<sup>346, 347</sup> Время полного погружения является наиболее надежным и независимым прогностическим фактором.<sup>348</sup> В CoSTR по BLS для взрослых 2020 рекомендуется использовать время полного погружения в качестве единственного показателя, определяющего прогноз и решения относительно тактики ведения, а также поисково-спасательных операций.<sup>349</sup> Продолжительность полного погружения менее 5–10 минут ассоциируется с лучшим прогнозом.<sup>348–350</sup>

Степень повреждения легких зависит от объема и степени загрязнения аспирированной воды.<sup>346</sup> Соленость воды не имеет доказанной прогностической ценности.<sup>348, 349, 351</sup>

Автономный конфликт, вызванный одновременной стимуляцией симпатической и парасимпатической нервной системы, может объяснять возникновение сердечных аритмий в условиях погружения в холодную воду и задержки дыхания.<sup>352</sup> При утоплении низкая температура воды может оказывать защитное действие, снижая метаболизм головного мозга.<sup>346, 348, 349</sup> Однако это явление чрезвычайно редко и наиболее вероятно у лиц с малым телосложением, которые быстро охлаждаются в воде ниже 6 °C.<sup>353</sup> Сообщалось о случаях полного погружения длительностью более 60 минут с хорошим неврологическим исходом,<sup>354</sup> особенно у детей, погруженных в холодную воду до полного утопления.<sup>354, 355</sup> Эти сообщения позволяют предположить, что если температура воды выше 6 °C, выживание или успешная реанимация становятся крайне маловероятными после примерно 30



минут погружения, тогда как в воде при температуре 6 °С или ниже этот порог может увеличиваться примерно до 90 минут.<sup>354</sup>

### *Спасение на воде*

Спасение на воде необходимо для предотвращения утопления, прерывания процесса утопления и оказания немедленной жизненно важной помощи. Многие неподготовленные люди погибли, пытаясь провести спасение.<sup>356</sup> Спасатели никогда не должны сознательно подвергать себя опасности. По этой причине настоятельно рекомендуется, чтобы очевидцы, особенно те, кто не умеет плавать, не заходили на глубокую воду. Вместо этого они должны полагаться на непрямые методы спасения, такие как использование общедоступного спасательного оборудования, бросок любого доступного плавсредства или протягивание длинного предмета, одновременно вызывая профессиональную помощь. Первые отвечающие со спасательной подготовкой обладают компетенциями для выбора и применения соответствующей техники спасения, спасательных средств и плав средств, где это возможно.<sup>357</sup> Спасательные средства и плав средства также сокращают время спасения.<sup>357</sup>

Физическая усталость является ограничивающим фактором, когда требуется СЛР, особенно после спасения на воде.<sup>358, 359</sup> По возможности, сердечно-легочную реанимацию должен проводить человек, не участвовавший в спасении.<sup>357</sup>

Повреждения позвоночника нечасты после утопления.<sup>360</sup> Стабилизация позвоночника не должна откладывать оценку витальных признаков или реанимацию. Если реанимация не требуется и присутствуют явные признаки травмы шейного отдела позвоночника, рекомендуется, чтобы не менее трех человек осуществляли ограничение движений позвоночника во время извлечения из воды, предпочтительно с одним человеком, специально обученным этой процедуре.<sup>361</sup> Если необходимое количество людей недоступно, извлечение не должно откладываться. При любой ситуации с травмой позвоночника в воде следует немедленно вызывать службы экстренной медицинской помощи.



### *Остановка сердца, вызванная утоплением*

Доказательства показали лучший прогноз, когда утонувшим проводят вентиляцию при начале СЛР.<sup>362–364</sup> По этой причине вентиляция в воде и реанимация на борту получают признание в сообществе спасателей, поскольку эти методы осуществимы при наличии обучения.<sup>342, 362, 365–367</sup> На практике некоторые обстоятельства не позволяют этого сделать. Например, из-за отсутствия обучения, отсутствия плавсредств или состояния воды. Тогда практичнее дождаться, пока пострадавший окажется на берегу.

На берегу первые отвечающие и службы СМП должны следовать подходу ABC (дыхательные пути, дыхание, кровообращение).<sup>362, 365</sup> СЛР следует начинать с 5 искусственных вдохов. Если человек остается без сознания и без нормального дыхания, продолжайте по стандартному протоколу СЛР (Рис. 9). Начинать СЛР с компрессий рекомендуется только в том случае, если спасатель не готов проводить искусственное дыхание.<sup>368</sup>

Для простоты неподготовленным очевидцам следует начинать с компрессий грудной клетки, тогда как обученные специалисты первой помощи должны учитывать важность вентиляции, поскольку время до начала вентиляции критически важно для восстановления сердечной деятельности у утонувших. При изолированной остановке дыхания искусственное дыхание может предотвратить остановку сердца (см. Рис. 10).

При утоплении начальный дефибрилляторный ритм присутствует менее чем в 10% случаев из-за реакции сердца на гипоксию. Хотя у извлеченных из воды пострадавших остановка сердца может быть вызвана сердечной причиной, например, аритмиями, вызванными автономным конфликтом<sup>352</sup> или наличием сердечно-сосудистого заболевания,<sup>369</sup> применение АНД не должно задерживать начало СЛР.

Кислород следует подавать рано, поскольку утопление является респираторным событием. Однако недавнее исследование показало, что сложно предоставить доказательства влияния кислорода на прогноз.<sup>370</sup> Тактика обеспечения проходимости дыхательных путей должна основываться на компетенциях и обучении первого ответчика или службы СМП.<sup>365</sup> Интубация трахеи по сравнению с надгортанными воздуховодами была связана с более высокой частотой ВСК, но не была ассоциирована с



выживаемостью или благоприятным неврологическим исходом через один месяц.<sup>371</sup>

### *Влияние гипотермии*

Большинство утонувших пострадавших находятся в состоянии гипотермии (температура ядра тела  $< 35$  °C), что влияет на диагностику, лечение и прогноз.<sup>346, 348, 372, 373</sup> В целом, рекомендации по случайной гипотермии также могут быть применены к пострадавшим от утопления с гипотермией, включая проверку витальных признаков в течение одной минуты, точное измерение температуры ядра, особый подход к дефибриляции, использование лекарственных средств при температуре тела ниже 30 °C и доступ к согреванию с помощью экстракорпоральной поддержки жизни.<sup>372</sup> Гипотермия отражает более длительное время погружения, что приводит к ухудшению неврологического исхода и выживаемости. Однако, когда утопление происходит в холодной воде (как правило, ниже 6 °C), и особенно после периода погружения, сопутствующая гипотермия может оказывать нейропротекторный эффект.<sup>374</sup>

CoSTR по BLS для взрослых 2020 года предлагает не использовать температуру воды при принятии прогностических решений<sup>349</sup>, и не существует конкретных рекомендаций, точно указывающих, когда переходить от спасения к поиску тел — эта позиция также признает исключение редких благоприятных исходов в ледяной воде. Это частично связано с широким разнообразием сценариев утопления в отношении времени погружения, температуры воды, доступных ресурсов или опасностей окружающей среды. Некоторые агентства или страны имеют местные или национальные протоколы. При отсутствии окончательных указаний крайне важно, чтобы лица на месте происшествия достигли консенсуса относительно момента, когда дальнейшее медицинское вмешательство считается бесперспективным.<sup>374</sup>

### *Остановка сердца в операционной*

Остановка сердца в операционной является редким событием с частотой около 3 случаев на 10 000 анестезий,<sup>375–377</sup> с более высокой частотой в условиях



ограниченных ресурсов,<sup>378</sup> у пожилых ослабленных пациентов, а также у новорожденных и младенцев.<sup>379, 380</sup> Общий показатель выживаемости превышает 50%.<sup>381</sup> Сильными предикторами интраоперационной остановки сердца являются высокие баллы по физическому статусу Американского общества анестезиологов (ASA), сепсис, срочные или экстренные случаи, сложность случая, анестезиологическая техника и возраст.<sup>381</sup> Основными причинами являются осложнения во время кардиохирургических операций, массивная кровопотеря, брадиаритмии и септический шок.<sup>378, 381</sup>

### *Особенности интраоперационной остановки сердца и ее лечения*

В большинстве случаев постепенное физиологическое ухудшение приводит к интраоперационной остановке сердца.<sup>382</sup> Лечение остановки сердца в операционной следует общему алгоритму ALS. Однако требуется несколько модификаций, направленных на выявление обратимых причин. Ключевые вмешательства включают немедленный вызов помощи, информирование хирургической и анестезиологической бригады и обеспечение присутствия достаточно квалифицированных специалистов.

Пациенты высокого хирургического риска часто до остановки находятся под мониторингом инвазивного артериального давления. Согласно начальным предложениям, начинайте компрессии грудной клетки, если систолическое артериальное давление остается ниже 50 мм рт.ст., несмотря на вмешательства по устранению основной причины.<sup>375, 383, 384</sup> Внезапное падение  $ETCO_2$  в таких случаях является сильным индикатором остановки сердца. Отрегулируйте положение и высоту операционного стола или каталки для оптимизации проведения высококачественных компрессий грудной клетки.

Низкие начальные значения капнографии ( $ETCO_2 < 2,7$  кПа или 20 мм рт.ст.) связаны с неадекватным качеством компрессий грудной клетки, что указывает на необходимость улучшения и, возможно, свидетельствует об усталости спасателя.<sup>385–387</sup> Для пациентов в состоянии преареста (САД  $< 50$  мм рт.ст.) предлагалось начальное ступенчатое болюсное введение 50–100 мкг адреналина внутривенно, а не стандартного болюса 1 мг. У пациентов в преарестном состоянии более высокие дозы адреналина могут вызвать



тяжелую гипертензию или тахикардию. Если болюс низкой дозы адреналина неэффективен, следует ввести стандартные 1 мг адреналина внутривенно.<sup>375, 388</sup>

В обстоятельствах, когда вероятность остановки сердца высока, дефибриллятор должен быть легкодоступен в режиме ожидания, а самоклеющиеся дефибрилляционные электроды должны быть наложены до индукции анестезии. Безопасная дефибрилляция должна быть выполнена немедленно в случае шокового ритма. Обеспечьте адекватный венозный доступ, подготовьте реанимационные препараты и растворы, установите расширенный контроль дыхательных путей (если это еще не сделано) и как можно скорее используйте аппарат ИВЛ, подающий 100% кислород.<sup>389</sup> Текущие данные свидетельствуют о том, что механическая вентиляция легких дает аналогичное PaO<sub>2</sub> по сравнению с ручной вентиляцией с помощью саморасправляющегося мешка.<sup>390–393</sup> Если имеется квалифицированный специалист по УЗИ, способный провести ультразвуковое исследование (трансторакальное/чреспищеводное) с минимальным прерыванием компрессий грудной клетки, его следует вызвать для помощи в диагностике.<sup>389</sup>

Компрессия грудной клетки оптимально выполняется в положении на спине, но в случае остановки сердца в положении на животе с установленным расширенным проведением дыхательных путей, следуйте Заявлению о надлежащей практике ILCOR, чтобы начать СЛР в положении на животе.<sup>394, 395</sup> Рассмотрите возможность одновременного положения на левом боку с опущенным головным концом в случаях массивной воздушной эмболии<sup>396–398</sup>, если это не влияет на качество компрессий грудной клетки.

Выявление обратимых причин должно быть приоритетным и воспринимаемым надлежащим образом:

- Если остановка вызвана значительной кровопотерей, компрессии грудной клетки эффективны только в том случае, если объем циркулирующей крови восполняется одновременно и немедленно начинается контроль кровотечения (например, хирургический, эндоскопический, эндоваскулярные методы).<sup>389</sup>
- В случаях тяжелого поддиафрагмального кровотечения может быть рассмотрена реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (REBOA) в попытке замедлить истощение внутрисосудистого объема.



Однако имеются ограниченные данные об улучшении выживаемости, и необходимы дальнейшие исследования для выяснения потенциальной пользы.<sup>389, 399, 400</sup>

- ЭКСЛР следует рассматривать в случаях, когда традиционная СЛР неэффективна или когда требуется продолжительная реанимация.
- Прямой массаж сердца должен выполняться только обученными медицинскими специалистами в случаях интраоперационной остановки сердца или как часть реанимационной торакотомии у пациентов с травмой.
- Если остановка происходит во время лапароскопической или роботизированной хирургии, рассмотрите возможность устранения пневмоперитонеума и сдувания живота для улучшения венозного возврата во время СЛР; во время торакоскопии остановите инсуффляцию CO<sub>2</sub> и исключите контралатеральный пневмоторакс.
- По другим обратимым причинам обращайтесь к соответствующим подглавам данных рекомендаций.

#### *Человеческий фактор при интраоперационной остановке сердца*

Как и при любом реанимационном событии, назначенный лидер команды должен направлять и координировать действия реанимационной бригады и их помощников, концентрируясь на высококачественных компрессиях грудной клетки и вентиляции, минимизируя время без кровотока, одновременно устраняя обратимые причины и предотвращая сосредоточенность на отвлекающих задачах низкого приоритета. Хирургическое вмешательство должно быть остановлено, если только оно не направлено на устранение обратимых причин остановки сердца.

Может возникнуть необходимость накрыть операционное поле, чтобы обеспечить доступ к пациенту и выполнение реанимационных мероприятий.

Успешное ведение интраоперационной остановки сердца требует не только индивидуальных технических навыков и хорошо организованной командной работы, но и институциональной культуры безопасности, внедренной в повседневную практику через непрерывное образование, обучение и междисциплинарное сотрудничество.<sup>8, 401, 402</sup> Институциональные протоколы реагирования на потенциальные ситуации остановки (например,



протоколы массивной трансфузии) и контрольные списки помогут оптимизировать реакцию на остановку сердца в условиях операционной.<sup>8, 403</sup>

Нет доказательств, поддерживающих использование гипотермического контроля температуры после интраоперационной остановки сердца у взрослых.<sup>404</sup> Следовательно, контроль температуры после остановки должен следовать местным постреанимационным протоколам.

### *Системная токсичность местных анестетиков*

Остановка сердца является редким осложнением передозировки местных анестетиков, часто вызванной непреднамеренной внутрисосудистой инъекцией. Прямое действие местных анестетиков на натриевые каналы кардиомиоцитов вызывает сердечно-сосудистый коллапс, обычно в течение 1–5 минут, но сообщалось о начале от 30 секунд до 60 минут.<sup>405, 406</sup> Ранние симптомы — онемение вокруг рта, металлический привкус, головокружение, шум в ушах и нечеткость зрения, за которыми следуют значительная гипотензия, аритмии и генерализованные судороги. Экстренная диагностика часто основана на исключении других причин.<sup>407, 408</sup>

Купирование судорог включает введение бензодиазепинов постепенно возрастающими дозами (например, лоразепам 0,1 мг/кг в/в, мидазолам 0,05–0,1 мг/кг в/в) с последующим, при необходимости, ступенчатым введением пропофола или тиопентала (до доз для индукции). Следует уделить внимание обеспечению проходимости дыхательных путей и поддержанию вентиляции, предотвращая сердечно-сосудистый коллапс во время введения седативных препаратов (особенно пропофола).

Внутривенная липидная терапия рекомендуется в качестве терапии спасения для лечения сердечно-сосудистого коллапса и остановки сердца, хотя ее использование основано на доказательствах очень низкой достоверности,<sup>131, 408–410</sup> но без документально подтвержденного вреда.<sup>411</sup> 20% липидная эмульсия (не менее 4 флаконов по 250 мл) должна быть доступна, если используются большие дозы местных анестетиков (например, в операционных, родильных отделениях, отделениях неотложной помощи).<sup>409, 412</sup>

Во время остановки сердца, после начального болюса 20% липидной эмульсии в/в (1,5 мл/кг в/в в течение 1 минуты), следует начать инфузию (0,25



мл/кг/мин в/в). Если ВСК не достигнуто в течение 5 минут, скорость инфузии следует удвоить с двумя дополнительными болюсами с 5-минутными интервалами.<sup>409, 412</sup> Рекомендуется максимальная кумулятивная доза 12 мл/кг в/в 20% липидной эмульсии для избежания перегрузки жирами.<sup>411</sup>

Предлагается вводить адреналин в/в в более низкой дозе (1 мкг/кг) при интоксикации местными анестетиками, поскольку его аритмогенные и ацидотические эффекты могут препятствовать устойчивому ВСК — это было показано в исследованиях на животных.<sup>409, 413–416</sup>

Дополнительная информация об остановке сердца, вызванной токсичностью местных анестетиков, доступна по QR-коду 4.

### *Кардиохирургия*

Частота остановки сердца после кардиохирургических операций составляет 2–5 %, с более высокими показателями выживаемости (около 50 %), которые превышают таковые при других причинах.<sup>417–421</sup> Это во многом обусловлено ранним выявлением и высокой частотой обратимых причин. Распространенными причинами остановки сердца в этих условиях являются аритмии, вызывающие ФЖ, на которые приходится до 50 % случаев, за ними следуют тампонада сердца и массивное кровотечение, которое часто проявляется как БЭА.

Основанные на доказательствах рекомендации по ведению остановки сердца после кардиохирургии происходят от Европейской ассоциации кардиоторакальных хирургов,<sup>422, 423</sup> экспертного документа консенсуса Общества торакальных хирургов по реанимации пациентов с остановкой после кардиохирургии,<sup>424</sup> рекомендаций Британских обществ<sup>425</sup> и ILCOR CoSTR по ведению пациентов с имплантированными устройствами поддержки левого желудочка.<sup>426</sup>

Обеспечьте адекватное начальное и повторное обучение персонала техническим навыкам реанимации, ALS и командной работе через симуляционные сценарии в кардиохирургии, включая тренировку по выполнению экстренной рестернотомии. Командная работа, включая человеческие факторы, такие как осознание ситуации и навыки коммуникации, должна быть включена в обучение и приобретена на практике



в симуляционных сценариях. Роли должны быть заранее распределены среди персонала в каждом учреждении для обеспечения эффективной координации реанимационных усилий.<sup>427</sup>

Аварийное оборудование должно включать небольшие наборы для рестернотомии, содержащие только необходимые элементы для вскрытия грудной клетки, быть стандартизированными, адекватно маркированными, легкодоступными там, где восстанавливаются пациенты после недавно проведенных вмешательств, и периодически проверяться.<sup>423, 424</sup>

Контрольные списки безопасности снижают частоту осложнений и смертность при некардиохирургических операциях и должны быть внедрены для ведения остановки сердца в этих условиях.<sup>428</sup>

#### *Выявление остановки сердца и активация протокола остановки сердца*

Ранние признаки ухудшения можно выявить у пациента после операции при тщательном обследовании в условиях мониторинга. Гипотензия является частым признаком нескольких послеоперационных осложнений (Таблица 9).<sup>429–431</sup> Эхокардиография должна быть выполнена в случае гемодинамической нестабильности; рассмотрите чреспищеводную эхокардиографию для более точной диагностики.<sup>432, 433</sup> Непрерывный ЭКГ-мониторинг позволяет рано выявлять аритмии; наджелудочковые тахикардии являются наиболее частыми в этих условиях.<sup>434</sup>

Остановку сердца можно выявить путем проверки ритма ЭКГ, клинического осмотра и оценки витальных признаков, включая волновые формы давления (артериальное, центральное венозное и давление в легочной артерии, а также пульсоксиметрия) и  $ETCO_2$ .<sup>423, 424</sup>

#### *Реанимация и устранение возможных причин в кардиохирургии*

Ключевые модификации стандартного алгоритма ALS включают немедленное устранение обратимых причин и, если это не увенчалось успехом, экстренную рестернотомию.<sup>423, 424</sup>

Проводите реанимацию и устраняйте возможные причины:

- Начните реанимацию в соответствии с ALS, но с изменениями:
- ФЖ/ЖТ без пульса: Нанесите до 3 последовательных разрядов (<1 мин).



- Асистолия/выраженная брадикардия: Примените раннюю кардиостимуляцию – максимальная мощность (<1 мин).

Нет ВСК:

- БЭА: Устраните потенциально обратимые причины. При наличии стимулируемого ритма временно отключите стимуляцию, чтобы исключить ФЖ.
- Начните компрессии грудной клетки и вентиляцию.
- Рассмотрите возможность проведения ROCUS/ЧПЭхоКГ.
- Выполните раннюю рестернотомию (<5 мин).
- рассмотрите устройства поддержки кровообращения и ЭКПР (Рис. 17).

У пациентов с ФЖ/ЖТ без пульса приоритет отдается дефибрилляции с нанесением до трех последовательных разрядов в течение максимум 60 секунд.<sup>435, 436</sup> Если это не удастся, рекомендуется немедленная рестернотомия и внутренняя дефибрилляция.<sup>436</sup> В случае асистолии или выраженной брадикардии следует в течение одной минуты попытаться провести эпикардальную стимуляцию (режим DDD с частотой 80–100 ударов в минуту и максимальным выходным напряжением) или наружную кардиостимуляцию, прежде чем начинать компрессии грудной клетки. При БЭА следует немедленно начать наружные компрессии грудной клетки, проводить поиск обратимых причин и готовиться к ранней рестернотомии. При наличии стимулируемого ритма без пульса приостановите стимуляцию, чтобы исключить лежащую в основе ФЖ, и, при наличии показаний, проведите дефибрилляцию.<sup>423,424</sup>

**Таблица 9 – Общие причины ухудшения состояния пациента после операции на сердце и лечение**

<ul style="list-style-type: none"><li>• Кровотечение</li><li>• «Медицинское» кровотечение: послеоперационная коагулопатия.</li><li>• Хирургическое» кровотечение: операционная травма.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Устраните гипотермию и гипотензию, избегайте гемодилюции.</li><li>• Рассмотрите трансфузию компонентов крови и использование гемостатических средств под контролем гематологических тестов.</li><li>• Проверьте грудные дренажи для выявления активного кровотечения и выполните эхокардиографию для</li></ul>
--	--



	исключения тампонады сердца; рассмотрите раннюю реоперацию при подозрении.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Состояние низкого сердечного выброса</li><li>• Недостаточная преднагрузка</li><li>• Чрезмерное постнагрузка</li><li>• Сниженная сократимость желудочков</li><li>• Диастолическая дисфункция</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Выполните эхокардиографию для оценки функции желудочков.</li><li>• Обеспечьте адекватное наполнение желудочков.</li><li>• Исправьте системный вазоконстриктор.</li><li>• Поддерживайте атриовентрикулярную координацию.</li><li>• Исправьте метаболические нарушения и гипокальциемию.</li><li>• Рассмотрите инотропную или механическую циркуляторную поддержку</li></ul>
Недостаточность шунта или клапана.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Проверьте ЭКГ на аномалии.</li><li>• Выполните эхокардиографию.</li><li>• Рассмотрите чрескожное вмешательство или реоперацию.</li></ul>
Аритмии	<ul style="list-style-type: none"><li>• Устраните электролитные нарушения.</li><li>• Рассмотрите антиаритмические препараты, электрическую кардиоверсию или электрокардиостимуляцию.</li></ul>
Вазодилатация <ul style="list-style-type: none"><li>• Разогрев</li><li>• Анальгетики / седативы</li><li>• Сепсис</li><li>• Анафилаксия</li><li>• Недостаточность надпочечников</li><li>• Вазоплегический синдром</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Устраните специфические причины.</li><li>• Рассмотрите терапию внутривенными жидкостями под контролем гемодинамики.</li><li>• Рассмотрите поддержку вазопрессорами.</li></ul>

Если ВСК не достигается после дефибрилляции или кардиостимуляции, либо в случае БЭА, следует начать компрессии и вентиляцию, одновременно подготавливаясь к экстренной рестернотомии. Выполняйте наружные компрессии с частотой 100–120 в минуту, стремясь достичь систолического артериального давления > 60 мм рт.ст.; невозможность достичь этого значения, несмотря на адекватное выполнение, может указывать на тампонаду или тяжелое кровотечение, требующее экстренной рестернотомии.<sup>423, 424</sup> По сравнению с наружными компрессиями, прямой массаж сердца обеспечивает

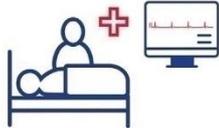


лучшее коронарное перфузионное давление и перфузионное давление в системном кровотоке, что может служить оправданием для повторного вскрытия грудной клетки.<sup>437, 438</sup> Тактика обеспечения проходимости дыхательных путей в этих условиях следует обычным показаниям для ALS.

### 1.Профилактируйте и будьте готовы

 <p>Обеспечьте надлежащую подготовку персонала по техническим навыкам и ALS</p>	 <p>Обеспечьте наличие и исправность экстренного оборудования.</p>	 <p>Используйте чек-лист безопасности</p>	 <p>Выявление и купирование ухудшения состояния пациентов с кардиологическими заболеваниями в послеоперационном периоде.</p>
--	---	---	---

### 2. Выявление остановки сердца и активация протокола СЛР

 <p>Подтвердите остановку сердца по клиническим признакам и беспульсовым ЭКГ.</p>	 <p>Вызовите помощь и активируйте протокол остановки сердца</p>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Обеспечьте проходимость дыхательных путей и дыхание</li><li>• Подайте 100% кислород</li><li>• Остановите шприцевые насосы</li></ul>	 <p>Рассмотрите возможность ЭХОКГ для раннего выявления возможных обратимых причин</p>
--	--	--	---

### 3.Проводите СЛРи устраните возможные обратимые причины.



Рисунок 17. Алгоритм действий при остановке сердца после кардиохирургического вмешательства.



У пациентов на искусственной вентиляции легких проверьте положение и проходимость трахеальной трубки, увеличьте концентрацию кислорода во вдыхаемой смеси до 100 % и устраните положительное давление в конце выдоха. При подозрении на напряженный пневмоторакс необходимо экстренная декомпрессия.<sup>423, 424</sup>

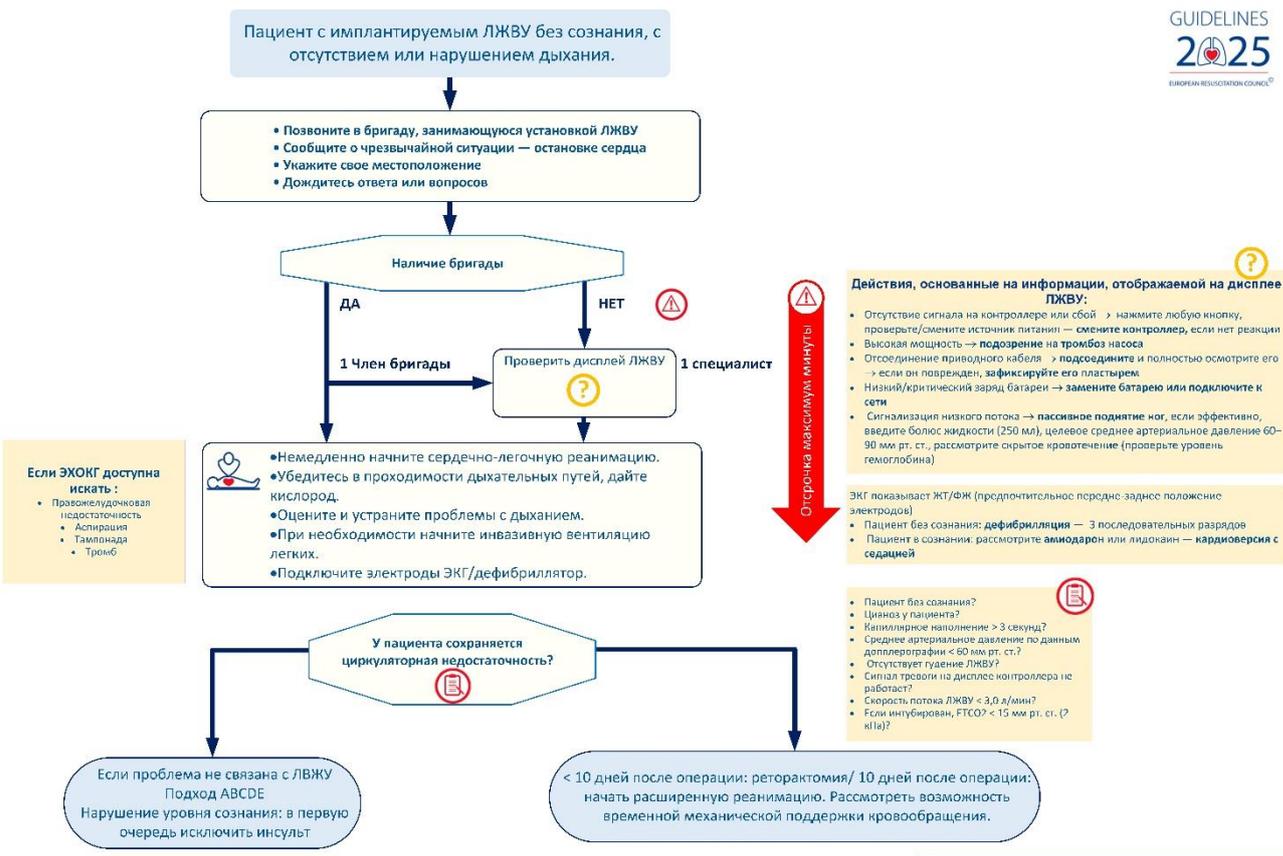


Рисунок 18. Алгоритм использования устройства вспомогательной поддержки левого желудочка

### Медикаментозная терапия во время реанимации

В качестве общего принципа прекратите все инфузии, за исключением необходимых для реанимации. Амиодарон (300 мг) или лидокаин (100 мг) могут быть введены внутривенно после трех неудачных разрядов для лечения ФЖ/ЖТ без пульса.<sup>424, 439</sup>

Введение адреналина (1 мг) вскоре после кардиохирургической операции является спорным. Европейская ассоциация кардио-торакальных хирургов и Общество торакальных хирургов не рекомендуют рутинное использование адреналина, основываясь на опасениях, что вызванная



адреналином выраженная гипертензия может привести к кровотечению или нарушению целостности хирургических анастомозов после восстановления спонтанного кровообращения.<sup>423, 424, 439</sup> Хотя более низкие дозы (болюсы по 50–100 мкг) могут рассматриваться в ситуациях, близких к остановке, на основе экспертного консенсуса.<sup>375, 388, 424, 429, 437</sup>

### *Прикроватное УЗИ и чреспищеводная эхокардиография*

У пациента в состоянии, близком к остановке сердца, после кардиохирургической операции рассмотрите возможность проведения трансторакального УЗИ, хотя оно может давать ограниченный обзор задних камер сердца и причин задней тампонады сердца. Чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ) является предпочтительной альтернативой, обеспечивая более четкий круговой обзор, включая задние структуры сердца, и позволяет проводить непрерывные компрессии грудной клетки.

Наличие тампонады сердца, внутригрудного кровотечения, плевральных выпотов, гиповолемии, динамической обструкции выходного тракта левого желудочка и расслоения аорты обычно можно идентифицировать с помощью ЧПЭхоКГ.<sup>432, 433, 440–447</sup>

ЧПЭхоКГ может оценить эффективность компрессий грудной клетки с помощью визуализации в реальном времени опорожнения и наполнения сжимаемых камер сердца, что потенциально может привести к изменению положения рук для компрессий грудной клетки.<sup>448, 449</sup>

### *Ранняя рестернотомия*

Рефрактерная остановка сердца требует проведения рестернотомии в течение 5 минут для выполнения прямого массажа сердца, устранения тампонады и коррекции лежащих в основе причин. Это безопасная процедура в условиях ОРИТ,<sup>450</sup> приводящая к повышению выживаемости, особенно если выполняется с минимальной задержкой и при наличии хирургически устранимой проблемы при ревизии.<sup>451</sup> Рекомендуется проведение рестернотомии в качестве части реанимационного протокола у кардиохирургических пациентов до как минимум 10-го дня после операции.



### *Устройства поддержки кровообращения*

Внутриаортальный баллонный контрпульсатор. У пациентов с внутриаортальным баллонным контрпульсатором, у которых произошла остановка сердца, устройство может способствовать улучшению коронарной и мозговой перфузии при синхронизации с компрессиями грудной клетки (соотношение 1:1, с максимальным усилением).<sup>452</sup> Триггер баллона по ЭКГ ненадежен во время реанимации, и его следует переключить в режим триггера по давлению или во внутренний режим с частотой 100 ударов в минуту, если компрессии грудной клетки прерываются на значительный интервал.

### *Экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация (ЭКСЛР)*

ЭКСЛР может рассматриваться, если рестернотомия не позволяет восстановить сердечную деятельность, или в качестве первоначального подхода, альтернативного рестернотомии, для пациентов, перенесших минимально инвазивные кардиохирургические операции, или тех, у кого остановка сердца произошла позже 10-го дня после первоначальной стернотомии.<sup>424</sup>

Однако данные, касающиеся этого конкретного сценария, ограничены, поскольку большинство исследований относятся к кардиогенному шоку или педиатрической популяции.

### *Устройства поддержки левого желудочка*

Устройства механической поддержки кровообращения, в частности устройства поддержки левого желудочка (ЛВЖД), все чаще используются как «мост» к трансплантации сердца или восстановлению у пациентов с терминальной сердечной недостаточностью. У пациентов с такими устройствами часто отсутствуют традиционные клинические признаки, такие как пульс, даже при гемодинамической стабильности, поэтому оценка состояния кровообращения с помощью пальпации, неинвазивного измерения артериального давления и пульсоксиметрии может быть затруднена. Распознавание остановки сердца основывается на отсутствии реакции и дыхания. При ее возникновении рекомендуется проводить стандартную СЛР. Риск смещения устройства во время СЛР представляется минимальным.<sup>425, 426</sup>



Рекомендации ERC основаны на Консенсусе ILCOR CoSTR 2025 года и рекомендациях Британских обществ 2025 года<sup>425, 426</sup> по ведению неотложных состояний у реципиентов имплантируемых ЛВЖД в трансплантационных центрах (Рис. 18).

- Немедленная активация специализированных бригад для пациентов с ЛВЖД без сознания.
- Начните СЛР, одновременно пытайтесь восстановить работу устройства, если доступно несколько спасателей. Рассмотрите возможность отсрочки СЛР до 2 минут для попытки восстановления работы устройства, если присутствует только один спасатель.
- Устранение неисправностей устройства является приоритетной задачей в соответствии с соответствующими протоколами:
  - Сигналы низкого потока: Проверьте реакцию на объемную нагрузку с помощью техники поднятия ног. Если сигнал прекращается и подтверждается гиповолемия, проведите инфузионную терапию. Как можно скорее проверьте уровень гемоглобина для оценки контекста гиповолемии, кровопотери или дегидратации. В случаях низкого потока, вызванного высоким артериальным давлением, управляйте постнагрузкой с помощью антигипертензивных препаратов.
  - Тромбоз насоса: Назначьте антикоагулянтную терапию или рассмотрите возможность механической поддержки кровообращения, например, ЭКМО.
  - Электрический сбой: Убедитесь в подключении к источнику питания и целостности кабелей питания. Замените батареи или контроллер.
  - Аритмии: При необходимости проведите дефибрилляцию или кардиоверсию, обеспечив адекватную седацию, если пациент еще в сознании. Работающий ЛВЖД может обеспечить достаточную перфузию мозга даже при фибрилляции сердца.
- Одновременно (при наличии второго отвечающего) обеспечьте проходимость дыхательных путей, дыхание, кардиомониторинг/дефибриллятор.
- Оцените адекватность кровообращения. Определите у пациента САД > 60 мм рт.ст., отсутствие цианоза и наличие слышимого гудения ЛВЖД.



Для точной оценки может потребоваться эхокардиография и инвазивный мониторинг. В случаях неадекватного кровообращения рассмотрите временную механическую поддержку или корректирующую операцию. Если устройство:

- Работает нормально, и у пациента нет недостаточности кровообращения: проведите полную оценку по алгоритму ABCDE.
- Все еще не работает, или у пациента есть недостаточность кровообращения: начните СЛР и
  - рассмотрите возможность рестернотомии, если с момента имплантации прошло < 10 дней
  - проводите стандартный ALS, устраняя 4Г и 4Т.

### ***Остановка сердца при занятиях спортом***

Абсолютный риск возникновения остановки сердца во время физических упражнений невелик.<sup>454</sup> Сообщаемая частота случаев смерти от сердечных причин, связанных со спортом или физическими упражнениями в общей популяции, составляет от 0,46 до 6,8 на 100 000 человеко-лет.<sup>455–458</sup> Крупные популяционные исследования остановки сердца у спортсменов из США и Европы указывают на региональные различия в основных причинах смерти.<sup>459, 460</sup>

Выжило около трети; большинство случаев произошло во время непрофессиональных соревновательных или любительских видов спорта, и СЛР очевидцами проводилась в 75% случаев. У пациентов в возрасте  $\leq 35$  лет преобладали преждевременная ишемическая болезнь сердца и синдром внезапной аритмической смерти, за которыми следовал миокардит. У спортсменов старше 35 лет преобладала ишемическая болезнь сердца.<sup>461</sup> Вероятность остановки сердца, связанной со спортом, наиболее высока для мужчин в возрасте от 40 до 60 лет с предшествующей кардиомиопатией. В 22% случаев патологии не было обнаружено, а выживаемость была лучше при ранней реанимации, использовании АНД и наличии профессионального персонала.<sup>462</sup> Наибольшая частота случаев регистрируется среди футболистов во время соревнований, а также во время бега и занятий в тренажерном зале вне соревнований.<sup>463</sup>



Остановка сердца во время занятий спортом или физических упражнений требует быстрого распознавания и эффективного лечения, если пострадавший должен выжить. Улучшение выживаемости при остановке сердца во время спорта объясняется тем, что события происходят при свидетелях, оперативно проводится реанимация и доступен АНД.<sup>455,464</sup> Эти данные подтверждают важность планирования, соблюдения и реализации стандартной BLS на спортивных мероприятиях, подверженных риску.

Для тех спортсменов, у которых во время остановки сердца регистрируется шоковый ритм, на игровом поле следует нанести минимум три разряда, если шоковый ритм сохраняется. Медицинская команда должна рассмотреть возможность перемещения спортсмена с остановкой сердца в назначенный пункт сбора самым безопасным и эффективным способом. Если это невозможно, СЛР следует продолжать на поле.<sup>465</sup> Эти планы следует регулярно отрабатывать.

В отличие от профессионального спорта, спортсмены-любители, болельщики и фанаты могут быть менее осведомлены о риске остановки сердца, что подчеркивает важность программ повышения осведомленности. Такие инициативы, как сотрудничество ERC и UEFA в 2024 году во время чемпионата Европы, демонстрируют, как стратегическое сотрудничество между спортивными и медицинскими организациями может повысить осведомленность и улучшить результаты.<sup>466</sup> После успешной реанимации спортсмена тщательное кардиологическое обследование и наблюдение жизненно важны перед рассмотрением вопроса о возвращении в спорт.<sup>467</sup>

### *Профилактика*

Не существует консенсуса между крупными организациями относительно профилактических мер. Международный олимпийский комитет рекомендует кардиологический скрининг для спортсменов. Европейское общество кардиологов рекомендует 12-канальную ЭКГ в качестве инструмента скрининга для всех молодых спортсменов,<sup>467</sup> но Американская кардиологическая ассоциация и Американский колледж кардиологии приходят к выводу, что недостаточно доказательств для поддержки этого в качестве скрининговой меры.<sup>468,469</sup> Применяемые процессы часто следуют



экономическим соображениям, а не принципам здравоохранения. Первичная профилактика включает целевой сбор анамнеза и физикальное обследование, а также добавление 12-канальной ЭКГ, чтобы по крайней мере предотвратить некоторые ненужные смерти, но это все же может упустить несколько важных состояний, связанных с остановкой сердца, включая аномальное отхождение коронарных артерий высокого риска, аортопатии и адренергически-опосредованные аритмии. Помимо ЭКГ, недостаточно данных для поддержки дополнительного рутинного тестирования.<sup>470</sup>

Для старших участников спортивных мероприятий и физических упражнений медицинская оценка их индивидуального риска должна включать текущий уровень физической активности, известные сердечно-сосудистые, метаболические или почечные заболевания, наличие признаков или симптомов, предполагающих сердечно-сосудистое заболевание, а также желаемую или ожидаемую интенсивность упражнений.<sup>471</sup> В этом контексте подходы к скринингу должны быть адаптированы к определенным характеристикам и профилю риска целевой популяции.<sup>467, 470</sup>

### *Контузия миокарда*

Контузия миокарда — это редкая, но потенциально фатальная причина остановки сердца, спровоцированная тупым, непроникающим ударом в прекардиальную область, обычно возникающим в течение 20-миллисекундного окна во время восходящей фазы зубца Т, что индуцирует ФЖ.<sup>472, 473</sup> Исторически она указывалась как ведущая причина остановки сердца у молодых спортсменов, особенно в видах спорта с высокоскоростными снарядами, таких как бейсбол, лакросс и хоккей.<sup>474, 475</sup> В футболе контузия миокарда была зарегистрирована в 9% случаев остановки сердца у игроков  $\leq 35$  лет, причем в 79% случаев причиной был удар мяча в грудную клетку.<sup>462</sup>

Показатели выживаемости в период с 2008 по 2023 год составляют приблизительно 66%.<sup>474</sup> Остановка сердца, произошедшая при свидетелях, раннее распознавание, немедленное начало СЛР и быстрая дефибрилляция с помощью АНД остаются наиболее важными факторами для выживания.<sup>474–477</sup> Показатели выживаемости составляют 40%, когда реанимация проводится в



течение 3 минут, но падают до всего 5% при задержке сверх этого временного окна.<sup>475, 476</sup>

Защитное снаряжение, такое как нагрудники в лакроссе, было введено в попытке предотвратить контузию миокарда, но последние исследования предполагают, что они не снижают риск ФЖ при критических ситуациях.<sup>478, 479</sup>

### ***Службы неотложной медицинской помощи и транспортировка***

Службы неотложной медицинской помощи играют важную роль в цепочке выживания, обеспечивая своевременную, качественную помощь пациентам с угрожающими жизни состояниями, включая остановку сердца. В этой главе представлены основанные на доказательствах рекомендации по практике реанимации в контексте работы служб неотложной медицинской помощи (включая специализированные службы медицинской транспортировки) и транспортировки.

Службы неотложной медицинской помощи собирают ценные данные, которые могут поддерживать непрерывное улучшение качества и предоставлять обратную связь медицинским работникам, участвующим в проведении СЛР.<sup>480</sup> Однако достоверность данных следует оценивать перед использованием.<sup>481, 482</sup> Системы обратной связи оказывают положительное влияние на качество помощи, и медицинский персонал готов ее получать.<sup>483, 484</sup> Недавний систематический обзор показал улучшения в документации, соблюдении протоколов, а также небольшое влияние на показатели эффективности при остановке сердца, клиническое принятие решений, время работы скорой помощи и показатели выживаемости.<sup>485</sup>

### ***Реанимация во время транспортировки***

Качество СЛР снижается при ее проведении во время транспортировки, что влияет на правильность положения рук, частоту и глубину компрессий грудной клетки, паузы и общее качество СЛР.<sup>201, 486</sup> Лишь несколько показаний оправдывают продолжение реанимации во время транспорта (расширенные вмешательства, недоступные в догоспитальных условиях, как описано в этой



главе). По возможности следует применять механическую СЛР, чтобы снизить риск как для пациента, так и для спасателя.

#### *Установка артериальной линии в догоспитальных условиях*

Измерение инвазивного артериального давления у пациентов с внебольничной остановкой сердца в условиях работы санитарной авиации является выполнимой задачей<sup>383, 487-491</sup> и может помочь догоспитальным бригадам в управлении реанимацией и постреанимационной помощью,<sup>383, 487, 489, 492</sup> особенно у гемодинамически нестабильных пациентов.<sup>49</sup>

#### *Реанимация силами бригады из двух специалистов расширенной поддержки жизни (ALS)*

Бригады численностью более двух специалистов ALS улучшают качество СЛР и эффективность в распознавании ритма, введении адреналина и интубации.<sup>495</sup> Существенных различий в доле времени без компрессий между бригадами из двух, трех и четырех человек не обнаружено.<sup>495</sup>

Бригады в составе двух парамедиков работали медленнее и были более склонны к ошибкам, чем бригады "парамедик + специалист скорой помощи".<sup>495</sup>

Для формирования формальных рекомендаций относительно обучения, протоколов или оснащения для оказания ALS силами двух медработников доказательств недостаточно. Однако исследования предполагают, что предварительно заполненные шприцы и протоколы с автоматизированной поддержкой могут улучшить работу бригады.

#### *Остановка сердца на борту самолета и реанимация в условиях микрогравитации*

##### *Остановка сердца на борту самолета*

Хотя авиаперелеты в целом безопасны, физиологические изменения во время полета, демография пассажиров, предшествующие медицинские состояния и количество пассажиров на борту крупных самолетов и рейсов на большие расстояния повышают вероятность возникновения неотложных состояний в полете.<sup>496, 497</sup> Мета-анализ сообщил о частоте 0,09 случаев остановки сердца на



миллион пассажиров.<sup>498</sup> Не все авиакомпании оснащены АНД и оборудованием для расширенной поддержки жизни.<sup>499–501</sup>

Следует обратиться за помощью к медицинскому специалисту через объявление по бортовой системе связи. Спасатель должен встать на колени в пространстве для ног перед креслами у прохода для проведения компрессий грудной клетки, если пациента невозможно переместить в течение нескольких секунд в зону с достаточным свободным пространством на полу (например, в камбуз). Проведение СЛР сверху является возможным вариантом в условиях ограниченного пространства. Обеспечение проходимости дыхательных путей должно основываться на имеющемся оборудовании и опыте спасателя. Если полет проходит над водным пространством и существует высокая вероятность восстановления спонтанного кровообращения (ROSC) в ходе продолжающейся реанимации, рассмотрите возможность раннего изменения маршрута. Если восстановление спонтанного кровообращения маловероятно (предшествующие заболевания, отсутствие АНД), ожидаемое время для изменения маршрута и посадки будет слишком долгим, чтобы разумно улучшить прогноз.

#### *Реанимация в условиях микрогравитации*

Проведение СЛР является сложной задачей даже для обученных специалистов на Земле, а космический полет добавляет дополнительные осложнения из-за микрогравитации, ограниченного пространства и ограниченных ресурсов. С ростом коммерческих миссий частных компаний четкие рекомендации необходимы для управления неотложными медицинскими состояниями как в долгосрочных, так и в краткосрочных космических миссиях.

Существуют рекомендации от Немецкого общества аэрокосмической медицины и Группы космической медицины Европейского общества аэрокосмической медицины.<sup>502</sup> Однако недавнее имитационное исследование<sup>503</sup> с использованием подводных методов для аппроксимации микрогравитации показало, что все рекомендуемые техники СЛР<sup>504</sup> (включая «Обратный медвежий захват», Шмитц-Хинкельбайн, Кёльнский метод и Эветтс-Русомано) приводили к частоте эффективных компрессий грудной



клетки ниже 5%. В отсутствие данных из реальной космической среды невозможно рекомендовать какой-либо конкретный метод СЛР.

Ключевые рекомендации :

- Обеспечение проходимости дыхательных путей, дефибриляция и внутривенный/внутрикостный доступ аналогичны наземному ALS, но только после надежной фиксации пациента.
- Рассмотрите возможность применения механической СЛР.
- Используйте поддержку телемедицины во время остановки сердца на низкой околоземной орбите, если это осуществимо и позволяют человеческие ресурсы.
- Решение о прекращении реанимации должен принимать член экипажа с наивысшей медицинской квалификацией, консультируясь со службой телемедицины.

### *Круизные лайнеры*

Существуют ограниченные данные о лечении внебольничной остановки сердца на круизных лайнерах. Рекомендации ERC советуют придерживаться стандартных протоколов базовой (BLS) и расширенной (ALS) поддержки жизни. Ожидается, что исход остановки сердца на круизных лайнерах будет хуже по сравнению с общей популяцией, поскольку доступ к медицинским учреждениям затруднен, ресурсы на борту ограничены, а транспортировка может занимать продолжительное время.<sup>505</sup>

Медицинская бригада первых отвечающих должна быть доступна 24/7. Все оборудование, необходимое для ALS, должно быть доступно на борту. АНД должен быть на борту и запрошен немедленно. Если количество медицинских специалистов в составе экипажа недостаточно, следует сделать объявление по судовой системе для вызова дополнительной медицинской помощи. На большинстве круизных лайнеров доступна телемедицина, и ею следует воспользоваться как можно раньше.<sup>506</sup> Квалифицированная медицинская авиатранспортировка является опцией для покрытия больших расстояний до медицинских учреждений.



## Особые группы пациентов

### *Бронхиальная астма и хроническая обструктивная болезнь легких*

Рекомендации по ведению острой угрожающей жизни астмы, основанные на доказательствах, базируются на данных Британского торакального общества, Шотландской межвузовской сети рекомендаций<sup>507</sup> и Глобальной стратегии по астме 2021 года,<sup>508</sup> в то время как для хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) рекомендации основаны на положениях Глобальной инициативы по хронической обструктивной болезни легких.<sup>509</sup> Недавний Обзор доказательств ILCOR<sup>8</sup> не выявил новых данных по ведению остановки сердца у пациентов с астмой, выходящих за рамки рекомендаций ERC 2021 года.

Пациенты с обострением обструктивного заболевания легких (астма/ХОБЛ) подвержены высокому риску остановки сердца. При ХОБЛ руководства Глобальной инициативы по хронической обструктивной болезни легких рекомендуют, чтобы дополнительный кислород титровался для достижения целевой сатурации 88–92 % с частым мониторингом газов крови для обеспечения адекватной оксигенации без задержки углекислого газа.

Медикаментозная терапия включает ингаляционные короткодействующие бета-2 агонисты с короткодействующими антихолинергическими средствами или без них (с повторными дозами по мере необходимости), системные кортикостероиды и, в случае подозрения на бактериальную инфекцию, антибиотики.

Неинвазивная вентиляция легких (НИВЛ) рекомендуется при наличии респираторного ацидоза ( $\text{PaCO}_2 > 6$  кПа/45 мм рт.ст. и артериальный  $\text{pH} < 7,35$ ); выраженной одышки с клиническими признаками усталости дыхательной мускулатуры или повышенной работы дыхания.

Переход на инвазивную вентиляцию легких может быть необходимым, если НИВЛ неэффективна, если пациент не переносит НИВЛ, или при наличии таких факторов, как возбуждение, снижение уровня сознания, высокий риск аспирации, сердечно-сосудистая нестабильность или угрожающая жизни гипоксемия. Однако следует быть внимательным к более высокому риску угрожающей жизни гипотензии после экстренной интубации и искусственной



вентиляции легких у пациентов с повышенным  $\text{PaCO}_2$  и обструктивным заболеванием легких.<sup>510, 511</sup>

В отдельных случаях без сознания с тяжелой гипоксемией вено-венозная ЭКМО может быть вариантом для предотвращения гипоксической остановки сердца.<sup>512, 513</sup>

*Лечение остановки сердца, вызванной обструктивным заболеванием легких*  
Остановка сердца у пациентов с обструктивным заболеванием легких может быть вызвана гипоксией, гиповолемией, токсическими агентами (аритмии, вызванные стимулирующими препаратами, например, бета-адренергическими агонистами, аминофиллином), электролитными нарушениями (гипокалиемией), напряженным пневмотораксом и/или эффектами захвата воздуха, приводящими к снижению венозного возврата и гипотензии.<sup>514–519</sup> Остановка сердца при обструктивном заболевании легких обычно связана с недефибрилляторным ритмом и низкими показателями выживаемости.<sup>520, 521</sup>

Из-за чрезвычайно повышенного давления в дыхательных путях во время тяжелых приступов астмы существует значительный риск раздувания желудка и аспирации при одновременной гиповентиляции легких при попытке вентиляции пациента с тяжелой астмой с помощью мешка Амбу. Трахею следует интубировать как можно скорее во время остановки сердца, вызванной астмой, тем, кто обучен и компетентен это делать.

Из-за высокого давления в дыхательных путях может развиваться напряженный пневмоторакс, что может вызвать остановку сердца. Проверьте признаки напряженного пневмоторакса и лечите соответственно.<sup>522, 523</sup> Отсоедините от аппарата ИВЛ при возникновении утечки газа и гиперинфляции и применяйте давление для ручного уменьшения гиперинфляции. В некоторых случаях описано восстановление спонтанного кровообращения (ВСК) у пациентов с утечкой газа, когда эндотрахеальная трубка была отсоединена от дыхательного контура.<sup>524–530</sup> Если во время СЛР подозревается динамическая гиперинфляция легких, компрессия грудной клетки при временном отсоединении эндотрахеальной трубки может облегчить газовый синдром.<sup>524, 527, 529</sup> Хотя эта процедура подтверждена



ограниченными доказательствами, она вряд ли будет вредной в иначе безнадежной ситуации.

Вентиляция легких с более медленной частотой дыхания 8–10 вдохов в минуту и достаточным дыхательным объемом, чтобы вызвать подъем грудной клетки во время СЛР, должна минимизировать динамическую гиперинфляцию легких.<sup>528</sup> У пациентов с тяжелой астмой на искусственной вентиляции легких увеличение времени выдоха (достигаемое за счет снижения частоты дыхания и изменения соотношения времени вдоха к выдоху) дает лишь умеренные преимущества в плане снижения утечки газа, когда используется минутный объем менее 10 л/мин.<sup>531</sup>

Не было выявлено исследований, оценивающих использование внутривенных растворов при остановке сердца, вызванной обструктивным заболеванием легких. Рассмотрите возможность введения внутривенных растворов пациентам с обструктивным заболеванием легких, особенно тем, у кого тяжелое обострение астмы, потому что они могут быть обезвожены из-за недостаточного перорального приема и/или повышенных неощутимых потерь. Вводите жидкости с осторожностью, чтобы предотвратить потенциальные неблагоприятные эффекты.<sup>532</sup>

ЭКСЛР успешно применялась у пациентов с угрожающей жизни астмой.<sup>513, 533</sup> В соответствии с Рекомендациями ERC 2025 по ALS, ЭКСЛР может рассматриваться, если традиционные методы лечения неэффективны и есть немедленный доступ к этому лечению.

### ***Остановка сердца у пациентов на гемодиализе***

Хроническая болезнь почек является глобальной проблемой здравоохранения, затрагивающей 1 из 10 человек в мире,<sup>534</sup> и ВОЗ прогнозирует, что к 2040 году она станет 5-й по распространенности хронической патологией.<sup>535</sup>

Факторы риска остановки сердца у пациентов на диализе суммированы в Таблице 10. Нарушения водно-электролитного баланса распространены, причем период наивысшего риска приходится на время непосредственно перед первым сеансом диализа на неделе, т.е. на понедельник или вторник.<sup>536–540</sup> Период риска распространяется на 12 часов после начала лечения. Это позволяет предположить, что нефизиологическое быстрое



удаление токсинов, жидкости и электролитов, наиболее выраженное во время первого сеанса недели, объясняет период высокого риска.<sup>541, 542</sup> Клинически значимые аритмии также более распространены в дни диализа по сравнению с днями без диализа.<sup>543</sup>

### *Внебольничная остановка сердца у пациентов на гемодиализе*

На остановку сердца приходится 47,1% смертей у пациентов на гемодиализе, происходящих в 20 раз чаще у диализных пациентов по сравнению с общей популяцией.<sup>544–546</sup> В рамках диализного центра вероятность ФЖ оказалась в 5 раз выше у пациентов во время диализа и в 14 раз выше у пациентов с остановкой после диализа по сравнению с событиями, происходящими до диализа.<sup>537</sup> В когорте пациентов на диализе с носимый кардиовертер-дефибриллятором ЖТ/ФЖ была начальным ритмом в 78,6% случаев, причем большинство происходило во время диализа.<sup>547</sup>

Таблица 11 была воспроизведена с разрешения Руководства по гиперкалиемии UK Kidney Association у взрослых.<sup>50</sup>

Было показано трехкратное увеличение шансов на выписку из стационара с благоприятным неврологическим исходом, когда СЛР инициируется персоналом диализа, а не ожидается прибытие экстренных служб.<sup>546</sup> После остановки сердца 24% пациентов на гемодиализе выжили до выписки из стационара, и 15% все еще были живы через 1 год после остановки сердца.<sup>537</sup> Плохой исход в одном отчете может отражать низкую частоту проведения СЛР очевидцами и использования АНД.

**Таблица 10 – Факторы риска остановки сердца у пациентов на гемодиализе**

1. Гиперкалиемия.
2. Чрезмерные сдвиги жидкости во время диализа.
3. Трёхдневный интервал между диализными сеансами:
  - стационарный диализ проводится 3 раза в неделю (Пн/Ср/Пт или Вт/Чт/Сб);
  - период наивысшего риска приходится непосредственно перед первым сеансом недели (т.е. понедельник или вторник), поскольку достигает пика уровень  $K^+$  и накапливается жидкость;
  - риск сохраняется в течение 12 ч после начала диализа на первом сеансе недели из-за быстрых сдвигов жидкости и электролитов от пиковых уровней.
4. Диализный раствор с низким содержанием калия (1 ммоль/л).
5. История сердечных заболеваний.
6. Лекарства, удлиняющие интервал QT.
7. Несоблюдение диеты и/или режима диализа.



### *Внутрибольничная остановка сердца у пациентов на гемодиализе*

Частота внутрибольничной остановки сердца у пациентов, получающих гемодиализ (ГД), примерно в 20 раз выше, чем в общей популяции (6,3 % против 0,3 %), причем на пациентов диализа приходится 17 % всех случаев ИНСА. Частота остановки сердца атрибутивной для диализных клиник составляет от 3,4 до 7,8 на 100 000 сеансов диализа. Большинство событий происходят при свидетелях, причем 70–80 % случаев происходят во время лечения.<sup>537–539, 550</sup>

Многочисленные исследования у пациентов на ГД демонстрируют восстановление спонтанного кровообращения (ВСК) в 44–72 % случаев<sup>551–553</sup>, а выживаемость до выписки из стационара составляет от 22 до 31 %.<sup>551–555</sup> Продолжительность СЛР и пожилой возраст были предикторами неблагоприятного исхода.<sup>555</sup> Реестр 'Get With The Guidelines-Resuscitation' показывает сопоставимые неврологические исходы у пациентов на ГД по сравнению с пациентами без диализа (17 % против 16 %,  $p = 0,07$ ).<sup>551</sup>

Эти данные позволяют предположить, что исходы для пациентов на ГД не хуже, чем у других пациентов, что опровергает восприятие бесперспективности реанимации.<sup>556</sup> Тем не менее, крупный национальный реестр внутрибольничной остановки сердца выявил, что у пациентов на диализе общее качество реанимации было ниже по сравнению с подобранными по случаю пациентами без диализа.<sup>551</sup> Недостатки в практике реанимации у пациентов на диализе включают задержку в начале СЛР<sup>546</sup> и несвоевременное проведение первой дефибрилляции при дефибрилляторном ритме.<sup>536, 546, 551</sup>

### *Модификации сердечно-легочной реанимации у пациентов на гемодиализе*

Начните реанимацию, следуя стандартному алгоритму ALS. Назначьте обученную диализную медсестру для управления аппаратом гемодиализа (Рис. 10). Остановите аппарат ГД и верните объем крови пациенту с помощью болюса жидкости. Если аппарат ГД не защищен от дефибрилляции, отсоедините его от пациента в соответствии со стандартами Международной электротехнической комиссии (IEC). Оставьте доступ для диализа открытым, чтобы его можно было использовать для введения лекарств.



Руководство Инициативы по исходам заболеваний почек по ведению сердечно-сосудистых заболеваний у диализных пациентов рекомендует, чтобы все диализные отделения имели возможность для проведения наружной дефибрилляции на месте.<sup>557</sup> Большинство из них оснащены АНД,<sup>546, 558</sup> но обученный персонал может также использовать ручные дефибрилляторы. Диализные клиники — это в основном отделения под руководством медсестер. Обучение и уверенность персонала могут влиять на частоту дефибрилляции, проводимой медсестрами. Когда сотрудники диализа применяют АНД до прибытия парамедиков, наблюдается большая доля первичных шоковых ритмов остановки.<sup>537, 546</sup> Учитывая более высокий шанс выживания при шоковом ритме, избегайте задержек в дефибрилляции.

Все обратимые причины (4Н и 4Т) применимы к пациентам на диализе. Электролитные нарушения и сдвиги жидкости во время диализа являются частыми причинами остановки сердца. Рассмотрите гиперкалиемию, если остановка сердца происходит до или в начале сеанса диализа. Для лечения остановки сердца, вызванной гиперкалиемией, обратитесь к разделу «Гиперкалиемия». Рассмотрите гипокалиемию, если остановка сердца происходит в середине-конце или сразу после диализа.

Диализ может потребоваться в раннем постреанимационном периоде, под контролем волемического статуса и биохимии сыворотки. Перевод пациента в отделение интенсивной терапии с возможностями диализа.

**Таблица 11 – Остановка сердца во время диализа в амбулаторных клиниках**

Исследование	N=	До ГД	Во время ГД	После ГД
Karnik, 2001 г. <sup>538</sup>	400	7%	81%	12%
La France, 2006 г. <sup>539</sup>	38	8%	78%	14%
Davis, 2008 г. <sup>537</sup>	110	10%	70%	20%

### *Профилактика остановки сердца у пациентов на диализе*

Предотвращение гиперкалиемии и объемной перегрузки требует приверженности пациента и тщательного назначения режима диализа, но может снизить риск остановки сердца.<sup>538, 559, 560</sup> Использование калий-



связывающих препаратов в дни без диализа для облегчения применения более высокого содержания калия в диализате (3 ммоль/л) может снизить частоту клинически значимых аритмий (брадикардия, желудочковая тахикардия и/или асистолия).<sup>561</sup>

Более высокая частота остановки сердца во время диализа и сопоставимая выживаемость у диализных пациентов по сравнению с пациентами без диализа могут отражать более высокую вероятность обратимой причины (т.е. электролитного нарушения или нарушения объема жидкости).<sup>551</sup> Период наивысшего риска — это «длинный междиализный интервал» (например, выходные дни). Можно предположить, что устранение этого междиализного промежутка с помощью коротких, частых сеансов диализа (4–5 в неделю) может снизить риск смерти от сердечных причин, но это достижимо только при домашнем гемодиализе.

### ***Реанимация у пациентов с ожирением***

ВОЗ определяет ожирение как индекс массы тела, превышающий 30 кг/м<sup>2</sup>.<sup>562</sup> Ожирение может напрямую и косвенно увеличивать сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность.<sup>563</sup> Учитывая глобальный рост ожирения, обзорный обзор ILCOR оценил доказательства, касающиеся лечения остановки сердца и исходов у пациентов с ожирением.<sup>564</sup> У взрослых влияние ожирения на неврологический исход, выживаемость до выписки из стационара, долгосрочную выживаемость (от месяцев до лет) и ВСК было неоднозначным.

Немногие исследования сообщали о показателях качества реанимации, и ни одно исследование не сообщало о корректировках методов реанимации или исходах для спасателей. Текущие данные указывают на то, что целесообразно использовать стандартные протоколы реанимации.

Проведение эффективной СЛР может быть затруднительным у пациентов с ожирением.<sup>564</sup> Усталость спасателя может сделать целесообразной более частую смену спасателя, выполняющего компрессию грудной клетки, чем каждые две минуты. Можно рассмотреть возможность использования устройств для механической компрессии грудной клетки, хотя размеры тела и



наклон передней грудной стенки ограничивают применимость большинства устройств у очень тучных пациентов.

Ожирение ассоциировано с затрудненной масочной вентиляцией и может создавать трудности с обеспечением проходимости дыхательных путей.<sup>565, 566</sup> Опытные специалисты должны рано обеспечить проходимость дыхательных путей (с помощью надгортанных устройств или интубации трахеи), чтобы минимизировать период вентиляции мешком и маской. Хотя смертность, по-видимому, выше у пациентов с ожирением, получающих ЭКПР, по сравнению с пациентами с нормальным весом, не следует отказываться в ней пациентам с ожирением.<sup>567</sup>

### ***Реанимация у пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки***

Данная деформация грудной стенки (иногда ассоциированная с врожденным пороком сердца) уменьшает доступное пространство для сердца и легких, оказывая на них прямое давление, и увеличивает риск остановки сердца.<sup>568</sup> Сердце часто смещено влево, что может затруднить эффективные компрессии грудной клетки. Сообщения предлагают уменьшить глубину компрессий грудной клетки до 3–4 см, чтобы минимизировать риск повреждения органов при уменьшенном передне-заднем диаметре грудной клетки.<sup>569, 570</sup>

Хирургически установленные корректирующие «пластины Нусса» осложняют проведение СЛР, поскольку для достижения надлежащей глубины компрессии грудной клетки требуется значительно увеличенное усилие.<sup>571</sup> Усталость спасателя и повреждение органов (в частности, разрывы печени) должны учитываться при проведении механических компрессий грудной клетки.<sup>572</sup> Дефибриляция при наличии пластины Нусса может отклонять поток электрического тока через металлическую пластину с низким сопротивлением, когда электроды размещены в передне-боковой позиции.<sup>573</sup>

На основе очень косвенных данных из анатомических и имитационных исследований, сообщающих об остановке сердца у пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки, могут рассматриваться следующие отклонения от стандартного алгоритма:

- Во время СЛР рассмотрите возможность уменьшения глубины компрессий грудной клетки до 3–4 см, поскольку уменьшенный передне-



задний диаметр грудной клетки ограничивает достижимую эффективную глубину компрессии и увеличивает риск прямой травмы сердца, легких и крупных сосудов.

- В случае коррекции пластиной Нусса для проведения эффективных компрессий грудной клетки требуется существенно увеличенное усилие из-за повышенной ригидности грудной стенки, что потенциально ускоряет усталость спасателя.
- Используйте механические компрессии грудной клетки с осторожностью.
- Если компрессии грудной клетки неэффективны, рассмотрите раннее применение ЭКПР для обеспечения достаточной перфузии органов.
- Используйте передне-заднее расположение электродов для дефибриляции со стандартными уровнями энергии, чтобы обеспечить оптимальный поток тока через миокард, несмотря на наличие металлической пластины Нусса.

### ***Остановка сердца при беременности***

Материнская остановка сердца относится к остановке сердца, которая происходит на любом сроке беременности или в течение шести недель после родов. Материнская смертность остается высокой, по оценкам, в 2020 году в мире было зарегистрировано 287000 случаев — что эквивалентно одной смерти каждые две минуты. Большинство из них происходят в странах с низким и средним уровнем дохода. Значительная часть материнских остановок сердца происходит вне родильных отделений. Беременность не всегда очевидна сразу, особенно на ранних сроках. Однако учет возможности беременности у пациенток репродуктивного возраста необходим для выявления обратимых причин, таких как скрытое эктопическое кровотечение, и модифицируемых факторов, таких как аортокавальная компрессия после 20 недель гестации.<sup>575</sup>

Эти Рекомендации были составлены на основе обзорного обзора ILCOR<sup>334</sup> и международных руководств.<sup>575–583</sup> Большая часть рекомендаций основана на данных наблюдений, экспертных заключениях и физиологических принципах. Это обновление вводит новый процесс ведения



материнской остановки сердца вместе с ключевыми рисунками и таблицами для поддержки клинического применения.

Данные из США показывают, что у 32% акушерских пациенток, перенесших остановку сердца, не было истории предшествующих заболеваний, у 36,1% была дыхательная недостаточность, а у 33,3% — гипотензия как наиболее частые предшествующие состояния. Электромеханическая диссоциация (БЭА) является наиболее частым ритмом.<sup>584</sup> Хотя данных о точных причинах материнской остановки сердца limited, отчет MBRRACE-UK указывает причинами материнской смертности с 2020 по 2022 год тромбоэмболию (16%), COVID-19 (14%), сердечные заболевания (13%), состояния психического здоровья (11%), сепсис (9%), эпилепсию и инсульт (9%), акушерское кровотечение (7%), расстройства ранней беременности (5%), рак (3%) и преэклампсию (3%). Факторы риска включали этническую принадлежность (чернокожие и азиаты), социальное неблагополучие, возраст матери > 35 лет и ожирение.<sup>575</sup> Для сравнения, глобальные данные из стран с низким и средним уровнем дохода определили кровотечение (27,1%), гипертензивные расстройства (14%) и сепсис (10,7%) как основные прямые причины материнской смертности.<sup>585</sup>

Система наблюдения за акушерством Великобритании выявила 66 случаев остановки сердца при беременности за трехлетний период с показателем выживаемости 58%, причем плохие исходы были связаны с внебольничной остановкой сердца (ОНСА) и задержками в проведении реанимационной гистеротомии.<sup>586</sup> Опрос UK NAP7 сообщил о частоте периоперационной остановки сердца у акушерских пациенток 7,9 на 100 000 анестезиологических случаев и показателе выживаемости 82%, где ведущими причинами были кровотечение, высокая нейроаксиальная блокада и брадиаритмии.<sup>587</sup>

### *Профилактика материнской остановки сердца*

Материнская остановка сердца обычно предотвратима, хотя в некоторых случаях, таких как эмболия околоплодными водами, остановка может произойти до вмешательства.<sup>588</sup> Подходите к любой ухудшающейся беременной или родильнице, следуя алгоритму ABCDE. Имеются данные,



позволяющие предположить, что внедрение акушерской системы раннего оповещения позволяет рано распознавать ухудшающееся состояние беременных пациенток; однако ее внедрение в Европе низкое.<sup>589–593</sup>

Раннее вовлечение акушера-гинеколога наряду с одновременной активацией бригад для реанимации матери и новорожденного является критически важным.

### *Аортокавальная компрессия*

Аортокавальная компрессия (т.е. сдавление нижней полой вены и аорты беременной маткой) обычно проявляется к 20-й неделе гестации. Это может значительно снизить венозный возврат и, как следствие, сердечный выброс в положении на спине.<sup>594, 595</sup> У здоровых беременных пациенток с сохраненными внутренними компенсаторными механизмами эффекты аортокавальной компрессии могут отсутствовать или быть минимальными.<sup>596</sup> Однако у критически больных или гипотензивных пациенток аортокавальная компрессия может спровоцировать остановку сердца и ограничить эффективность сердечно-легочной реанимации.

Аортокавальную компрессию можно устранить с помощью ручного смещения матки влево или позиционирования на левом боку с наклоном (Рис. 19), хотя подтверждающие данные получены из исследований, проведенных не в условиях остановки сердца, и симуляционных исследований. ILCOR провел обзорный обзор по этой теме и обнаружил недостаточно доказательств, чтобы рекомендовать один метод вместо другого во время СЛР у беременных.<sup>8</sup> Магнитно-резонансная томография предполагает, что для частичного устранения компрессии нижней полой вены необходим левый латеральный наклон примерно на 30°. Это может быть достигнуто путем наклона операционного стола или размещения валиков под правым бедром пациентки на обычной кровати.<sup>597–599</sup> Однако валики редко доступны, а симуляционные и исследования на животных поставили под сомнение эффективность компрессий грудной клетки в положении на левом боку.<sup>600, 601</sup>

Соответственно, ERC предлагает выполнять ручное смещение матки влево при материнской остановке сердца. Это можно достичь, поместив одну или обе руки под матку, с правой стороны пациентки, и толкая вверх и влево,



или, если стоять слева от пациентки, дотянувшись, чтобы охватить матку снизу и приподнять ее вверх и влево (Рис. 19).<sup>602, 603</sup>

Окончательное устранение аортокавальной компрессии может быть достигнуто только с помощью реанимационной гистеротомии (иногда называемой «перимортальным кесаревым сечением»).

### *Реанимационная гистеротомия*

Реанимационную гистеротомию должна выполнять опытная команда на месте остановки сердца, чтобы достичь восстановления спонтанного кровообращения (ROSC) за счет устранения аортокавальной компрессии.<sup>604</sup> Предыдущие рекомендации предлагали начинать процедуру на 4-й минуте и завершать эвакуацию содержимого матки к 5-й минуте.<sup>605</sup> Дополнение к алгоритму ALS при материнской остановке сердца (Таблица 12) смещает акцент на подготовку к реанимационной гистеротомии, подчеркивая временную зависимость этого вмешательства.

Обзор ILCOR не нашел достаточных доказательств в поддержку конкретного времени для начала реанимационной гистеротомии.

Проведение этой операции, чувствительной к фактору времени, зависит от четко обозначенной компетенции команды, быстрой активации системы и готовности оборудования, что требует обучения и репетиций.<sup>606, 607</sup>

Если остановка является результатом гипотензии, несмотря на оптимальную реанимацию, предлагается выполнить реанимационную гистеротомию как можно скорее.

Процедура не считается бесперспективной и после 5 минут, однако польза неуклонно снижается, чем дольше откладывается опорожнение матки.<sup>586, 608</sup>

В исключительных случаях ЭКСЛР может быть начата немедленно, с отсрочкой эвакуации матки из-за рисков кровотечения, связанных с антикоагулянтной терапией.<sup>609, 610</sup>

В догоспитальных условиях для процедуры требуется адекватный доступ к пациентке и подготовленный клиницист; в противном случае следует отдать приоритет транспортировки.



Хотя фиксированные временные рамки для реанимационной гистеротомии пересмотрены, раннее вмешательство остается первостепенным для максимизации шансов на восстановление спонтанного кровообращения и

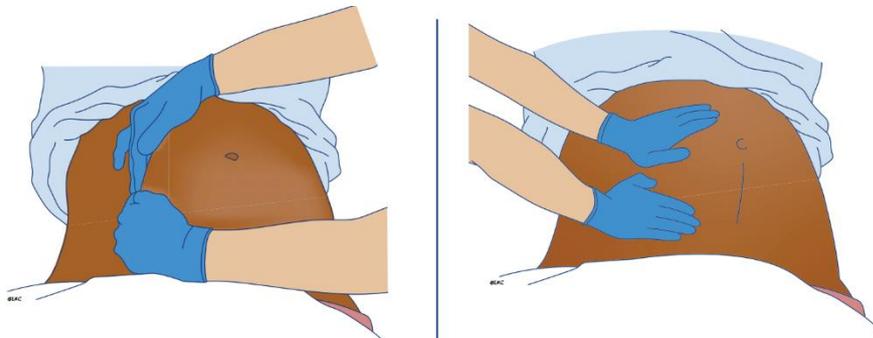


Рисунок 19. Маневр ручного смещения матки влево.

снижения риска гипоксического повреждения мозга.

#### *Экстракорпоральная поддержка жизни*

Ретроспективный анализ перипартальных пациенток, потребовавших ЭКСЛР, из Международного реестра Организации экстракорпоральной поддержки жизни выявил 280 пациенток,<sup>611</sup> с выживаемостью 70%. Показатели выживаемости были выше, когда экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) инициировалась до остановки сердца.

При наличии возможности мультидисциплинарная команда может рассмотреть раннее подключение ЭКМО у беременных пациенток с признаками надвигающегося циркуляторного коллапса.

#### *Устранение аортокавальной компрессии*

Аортокавальная компрессия должна быть устранена как можно раньше и поддерживаться на протяжении всей реанимации (Рис. 19).

Таблица 12 – Модификации расширенной поддержки жизни у акушерских пациенток	
Расширенная поддержка жизни (ALS) при беременности.	Обоснование
Выявление остановки сердца: без сознания + ненормальное дыхание = подозрение на остановку сердца. Вызов помощи – «команда для реанимации при остановке сердца у матери».	Без изменений  Рассматривайте возможность беременности у любой женщины детородного возраста с потерей сознания. Вызовите команду по реанимации при остановке сердца у матери (включая акушера-гинеколога и неонатолога).
Ручное смещение матки (влево) на протяжении всей реанимации.	Устраните аортокавальную компрессию для улучшения сердечного выброса как можно раньше и поддерживайте это состояние на протяжении



	всей реанимации. Начните выполнять ручное смещение матки влево, когда доступны два или более членов команды — один выполняет ручное смещение матки влево, другой проводит СЛР. (Рис. 19)
Параметры качества компрессий грудной клетки и соотношение вентиляция-компрессия	Без изменений
Обеспечение проходимости дыхательных путей	Риск аспирации и неудачной интубации повышен. Используйте ступенчатый подход (вентиляция мешком и маской, интубация трахеи или надгортанное устройство при неудаче интубации трахеи) в соответствии с навыками спасателя. Старайтесь достичь приподнятого положения (положения с подъемом головного конца). Интубацию должен выполнять опытный специалист. Особенности оборудования: - Ларингоскоп с короткой ручкой при большой груди - Видеоларингоскоп в качестве стандарта для интубации - Эндотрахеальная трубка меньшего размера с проводником
Энергия дефибрилляции	Без изменений
Расположение электродов	Без изменений: убедитесь, что электроды дефибрилятора размещены под, а не над или поверх, увеличенной тканью молочной железы.
Мониторинг плода	Удалите внутренние и наружные мониторы плода перед дефибрилляцией.
Выявите распространенные и обратимые причины. Лекарства.	См. Таблицу 13 по 4Н, 4Т и 4Р.
Сосудистый доступ (на раннем этапе)	Рассмотрите возможность обеспечения внутривенного (В/В) или внутрикостного (В/К) доступа выше диафрагмы, если это возможно
Дозировка и время введения адреналина, амиодарона и лидокаина.	Без изменений
Хлорид кальция	10 мл 10% хлорида кальция внутривенно
Магний	2 г в/в: при полиморфной желудочковой тахикардии 4 г в/в: при эклампсии
Транексамовая кислота	1 г внутривенно: при кровотечении
Реанимационная гистеротомия (перимортальное кесарево сечение)	У пациенток со сроком гестации > 20 недель или при высоте стояния дна матки выше пупка. Реанимационная гистеротомия является вмешательством, критичным ко времени. Подготовка к ее выполнению должна быть начата рано. Реанимационную гистеротомию следует выполнить как можно скорее на месте остановки сердца силами опытной команды.
Постреанимационное ведение	Стабилизируйте состояние матери, чтобы стабилизировать состояние плода, и подготовьтесь к массивному акушерскому кровотечению

### *Компрессии грудной клетки*

В настоящее время нет убедительных доказательств в поддержку изменения положения рук для компрессий грудной клетки во время беременности. Магнитно-резонансное исследование ремоделирования сердца в третьем



триместре беременности показало увеличение массы левого желудочка, но не его головного смещения.<sup>612</sup> Однако последующее трансторакальное эхокардиографическое исследование положения левого желудочка в третьем триместре продемонстрировало, что он расположен примерно на 6 см краниальнее дистального кончика мечевидного отростка.

Что касается устройств для механической компрессии грудной клетки, недостаточно доказательств, чтобы дать рекомендацию за или против их использования, хотя в определенных сценариях практические альтернативы отсутствуют – например, во время извлечения или транспортировки в догоспитальных условиях.

### *Обеспечение проходимости дыхательных путей*

Беременность увеличивает риск аспирации желудочного содержимого и трудной интубации.<sup>615–617</sup> Обеспечивайте проходимость дыхательных путей в соответствии с рекомендациями ERC 2025 по ALS (вентиляция мешком и маской, интубация трахеи или надгортанное устройство, если интубация трахеи не удалась) в зависимости от навыков медработника. Ранняя интубация трахеи облегчает оксигенацию и вентиляцию, обеспечивая защиту от аспирации, но она считается экспертной процедурой и должна выполняться в соответствии с действующими акушерско-анестезиологическими рекомендациями.<sup>617</sup>

### *Дефибрилляция*

При использовании передне-бокового расположения убедитесь, что электроды дефибриллятора размещены под увеличенной тканью молочной железы, а не поверх нее. Уровни энергии дефибрилляции такие же, как и для небеременных взрослых.<sup>618</sup> Во избежание ожогов наружный мониторинг плода следует удалить перед дефибрилляцией.

### *Медикаменты*

Препараты, используемые при реанимации беременных женщин, те же, что и для общей взрослой популяции. Хотя доказательств ограничено, внутривенный или внутрикостный доступ должен быть установлен выше



уровня диафрагмы по возможности, основываясь на физиологических соображениях.

#### *Обратимые причины.*

4Г и 4Т являются важными соображениями при всех остановках сердца, включая остановку во время беременности, и могут указывать на специфические для беременности диагнозы, такие как гиповолемия при разрыве внематочной беременности или тромбоэмболия легочной артерии, причем последняя более распространена у беременных и родильниц (Таблица 13). Однако существуют и специфические для беременности причины остановки сердца, которые теперь представлены как 4 П:

**Преэклампсия и эклампсия:** Следуйте установленным рекомендациям по ведению.<sup>620</sup> Начните немедленное лечение при тяжелой гипертензии, определяемой как 160/110 мм рт.ст. В тяжелых случаях введите 4 г сульфата магния внутривенно в течение 5–15 минут для лечения и профилактики эклампсии, с последующей инфузией 1 г/ч в течение 24 часов.<sup>620</sup> Учитывайте возможность отека легких и лечите соответственно. Передозировка магния при лечении может вызвать остановку сердца (см. Таблицу 14).

**Послеродовой сепсис:** При подозрении на послеродовой сепсис возьмите посевы крови, назначьте ранние антибиотики широкого спектра действия и рассмотрите акушерские источники, такие как хориоамнионит, задержка частей плаценты, эндометрит или инфекция области хирургического вмешательства, которые могут потребовать вмешательства.

**Плацентарные и маточные осложнения:** Примеры включают отслойку плаценты, предлежание плаценты или вращение, атонию матки, разрыв, выворот и эмболию околоплодными водами. Ищите клинические признаки явного или скрытого кровотечения (влагалищного или внутрибрюшного). Проведите осмотр живота на признаки перитонизма и свободной жидкости (используйте УЗИ, если доступно), оцените наличие гиповолемии, проверьте концентрацию гемоглобина и оцените функцию свертывания крови. Запросите препараты крови, предупредите акушерскую бригаду и подготовьтесь к срочному хирургическому вмешательству. Лечение эмболии околоплодными водами является поддерживающим: поддерживайте



оксигенацию, лечите кровотечение препаратами крови, корректируйте диссеминированное внутрисосудистое свертывание (ДВС-синдром) и немедленно привлеките акушерскую, анестезиологическую и реанимационную бригады.

Таблица 13 – Потенциально обратимые причины остановки сердца у акушерских пациенток: 4Н, 4Т, 4Р.

Потенциально обратимые причины при беременности	Особые акушерские соображения
Гипоксия	Высокий риск аспирации Высокий риск трудных дыхательных путей Сниженная дыхательная ёмкость повышенная потребность в кислороде
Гиповолемия	аортокавальная компрессия кровотечение (например, внематочная беременность и другие связанные с беременностью причины, перечисленные ниже, ДВС-синдром) дистрибутивный шок (например, высокая регионарная блокада, анафилаксия)
Гипо- и гиперкалемия и другие электролитные нарушения	Учитывайте уровень магния
Гипо- и гипертермия	
Тромбоз (коронарный и легочный)	Высокий риск тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) Инфаркт миокарда Расслоение коронарной артерии и аорты (эмболия околоплодными водами)
Тампонада сердца	
Напряженный пневмоторакс	Закись азота при имеющемся пневмотораксе
Интоксикация	Местноанестезирующие и другие периперационные препараты.
Преэклампсия и эклампсия	Следуйте рекомендациям (существующим руководствам) Учитывайте возможность отека легких Передозировка магния может вызвать остановку сердца
Послеродовой сепсис	Взять посевы крови и назначить ранние антибиотики широкого спектра действия. Хориоамнионит, задержка частей плаценты, эндометрит. Инфекция области хирургического вмешательства.
Плацентарные и маточные осложнения	Отслойка плаценты, предлежание плаценты, вращение плаценты, атония матки, разрыв матки, выворот матки, эмболия околоплодными водами
Перипаритальная кардиомиопатия	Лечите как острую сердечную недостаточность Раннее проведение эхокардиографии. Проконсультируйтесь с кардиологами



**Перипартальная кардиомиопатия:** Лечите как острую сердечную недостаточность. Рассмотрите внутривенное введение диуретиков, вазодилататоров (например, нитратов) и инотропов при наличии показаний. Избегайте перегрузки жидкостью. Обеспечьте раннее проведение эхокардиографии и консультацию кардиолога.

**Таблица 14 – Предлагаемое заранее подготовленное оборудование для выполнения Реанимационной гистеротомии**

Для персонала	Стерильные перчатки (не латексные) Халаты (защитные хирургические халаты) Маски (медицинские маски/респираторы)
Для матери	Раствор для подготовки (антисептической обработки) кожи 3 скальпеля (1: для разреза, 2: для пуповины, 3: запасной) Ножницы анатомические (диссекционные) Лапаротомные салфетки (тампоны) 4 гемостатических зажима Ретрактор (ранорасширитель) Марля (предпочтительно гемостатическая)
Для ребенка	3 зажима для пуповины Чепец (шапочка для новорождённого), 4 пелёнки (полотенца), подогреваемый инкубатор (реанимационный столик с источником тепла) Оборудование для реанимации новорождённого (отсос, мешок Амбу и маски, источник кислорода)

### *Сердечно-сосудистые заболевания*

Чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) является предпочтительной стратегией реперфузии при ИМпСТ у беременных.<sup>582</sup> Рассмотрите тромболизис, если своевременное ЧКВ недоступно. Обзор 200 случаев тромболизиса по поводу массивной ТЭЛА при беременности сообщил о материнской смертности 1%, что подтверждает его безопасность при беременности при наличии клинических показаний.<sup>621</sup> Ультразвуковое исследование у постели больного (POCUS) является неоценимым в случаях, когда неясно, вызвана ли остановка скрытым кровотечением или тромбоэмболией.<sup>575</sup>



## Кровотечение

Это основная причина материнской заболеваемости и смертности.<sup>622</sup> Угрожающее жизни кровотечение может произойти как до, так и после родов. Убедитесь, что протокол массивного/большого акушерского кровотечения доступен во всех отделениях, регулярно пересматривается и отрабатывается в сотрудничестве со всеми членами команды, включая службу переливания крови и младший персонал.<sup>623</sup>

Ведение включает:

- Немедленное вовлечение акушерской, анестезиологической и реанимационной бригад, которые должны следовать существующим рекомендациям по ведению большого акушерского кровотечения.<sup>623, 624</sup>
- Активацию протокола большого акушерского кровотечения с незамедлительным переливанием крови и коррекцией коагулопатии.
- Введение транексамовой кислоты 1 г в/в при подозрении на кровотечение.<sup>62</sup>

### *Материнские аспекты постреанимационного ведения*

Постреанимационное ведение при беременности соответствует стандартному ведению взрослых пациентов, но с некоторыми важными дополнительными соображениями. Гипотермический контроль температуры был зарегистрирован в отдельных случаях на ранних сроках беременности при проведении мониторинга сердечного ритма плода. Не было выявлено доказательств вреда, и исходы для матери и новорожденного были благоприятными.<sup>629, 630</sup> Основное внимание должно оставаться на реанимации матери. После стабилизации состояния матери оптимизируется и состояние плода. Это включает лечение материнской патологии, оптимизацию физиологии матери и обеспечение необходимых обследований и визуализации. Подготовка к большому акушерскому кровотечению в ожидании ROSC критически важна после реанимационной гистеротомии или тромболизиса, а также при других причинах материнской остановки сердца, таких как эмболия околоплодными водами.



Критическое состояние матери требует мультидисциплинарного подхода, что делает критически важным привлечение всех специалистов, включая акушерство, анестезиологию, реаниматологию и неонатологию.<sup>631</sup>

Психологическое воздействие неблагоприятных материнских исходов должно признаваться, с предложением поддержки пациентке, ее семье и персоналу, участвовавшему в уходе.

### *Готовность к остановке сердца при беременности*

Пробелы в готовности, включая доступность оборудования и междисциплинарную координацию, остаются широко распространенными и могут препятствовать проведению расширенной поддержки жизни при беременности, включая чувствительную ко времени реанимационную гистеротомию и реанимацию новорожденного.<sup>593</sup>

Беременные и родильницы могут быстро ухудшаться до остановки сердца в любом месте, и медицинские учреждения и службы должны быть готовы к таким событиям. Должны быть обеспечены:<sup>632–638</sup>

Планы и оборудование для реанимации как беременной женщины, так и новорожденного (см. Таблицу 14).

Раннее вовлечение акушерской, анестезиологической, реанимационной и неонатальной бригад.

Регулярное многодисциплинарное обучение по неотложным акушерским состояниям с использованием симулированных сценариев реанимации.

Разбор и анализ клинических случаев после событий для поддержки обучения и улучшения работы команды.

### **Список литературы:**

1. Berg KM, Bray JE, Djarv T, et al. Executive Summary: 2025 International Liaison Committee on Resuscitation Consensus on Science With Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2025;215 (Suppl 2):110805.
2. Greif RLKG, Dja'rv T, Ek JE, et al. European resuscitation council guidelines 2025: executive summary. *Resuscitation* 2025;215 (Suppl 1):110770.
3. Dja'rv TRJ, Semeraro F, Bra'dde L, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2025: First Aid. *Resuscitation* 2025;215 (Suppl 1):110752.
4. Panesar SS, Javad S, de Silva D, et al. The epidemiology of anaphylaxis in Europe: a systematic review. *Allergy* 2013;68 (11):1353–61. <https://doi.org/10.1111/all.12272>.



5. Aurich S, Doñlle-Bierke S, Francuzik W, et al. Anaphylaxis in elderly patients—data from the European Anaphylaxis Registry. *Front Immunol* 2019;10:750.
6. Francuzik W, Rueff F, Bauer A, et al. Phenotype and risk factors of venom-induced anaphylaxis: a case-control study of the European Anaphylaxis Registry. *J Allergy Clin Immunol* 2021;147(2):653–662. e9. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2020.06.008>.
7. Turner PJ, Gowland MH, Sharma V, et al. Increase in anaphylaxis-related hospitalizations but no increase in fatalities: an analysis of United Kingdom national anaphylaxis data, 1992–2012. *J Allergy Clin Immunol* 2015;135:956–963.e1.
8. Greif R, Bray JE, Djařrv T, et al. 2024 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations: summary from the basic life support; advanced life support; pediatric life support; neonatal life support; education, implementation, and teams; and first aid task forces. *Resuscitation* 2024;205. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2024.110414>.
9. Cardona V, Ansotegui IJ, Ebisawa M, et al. World allergy organization anaphylaxis guidance 2020. *World Allergy Organ J* 2020;13(10)100472. <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2020.100472>.
10. Muraro A, Worm M, Alviani C, et al. EAACI guidelines: anaphylaxis (2021 update). *Allergy* 2022;77(2):357–77. <https://doi.org/10.1111/all.15032>.
11. Golden DBK, Wang J, Wasserman S, et al. Anaphylaxis: a 2023 practice parameter update. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2024;132(2):124–76. <https://doi.org/10.1016/j.anaai.2023.09.015>.
12. (ASCIA) ASoCIA. Australasian Society of Clinical Immunology and Allergy (ASCIA). ([https://www.allergy.org.au/images/ASCIA\\_HP\\_Guidelines\\_Acute\\_Management\\_Anaphylaxis\\_2024.pdf](https://www.allergy.org.au/images/ASCIA_HP_Guidelines_Acute_Management_Anaphylaxis_2024.pdf))
13. Cook TM, Kane AD, Armstrong RA, Kursumovic E, Soar J. Peri-operative cardiac arrest due to suspected anaphylaxis as reported to the 7th national audit project of the royal college of anaesthetists. *Anaesthesia* 2024;79(5):498–505. <https://doi.org/10.1111/anae.16229>.
14. Brown SGA. Cardiovascular aspects of anaphylaxis: implications for treatment and diagnosis. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology* 2005;5(4):359–64. <https://doi.org/10.1097/01.all.0000174158.78626.35>.
15. Pumphrey RS. Fatal posture in anaphylactic shock. *J Allergy Clin Immunol* 2003;112(2):451–2. <https://doi.org/10.1067/mai.2003.1614>.
16. Turner PJ, Jerschow E, Umasunthar T, Lin R, Campbell DE, Boyle RJ. Fatal anaphylaxis: mortality rate and risk factors. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2017;5(5):1169–78. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2017.06.031>.
17. Cardona V, Ferre'-Ybarz L, Guilarte M, et al. Safety of adrenaline use in anaphylaxis: a multicentre register. *Int Arch Allergy Immunol* 2017;173(3):171–7. <https://doi.org/10.1159/000477566>.
18. Simons FE, Gu X, Simons KJ. Epinephrine absorption in adults: intramuscular versus subcutaneous injection. *J Allergy Clin Immunol* 2001;108(5):871–3. <https://doi.org/10.1067/mai.2001.119409>.
19. Carlson JN, Cook S, Djarv T, Woodin JA, Singletary E, Zideman DA. Second dose of epinephrine for anaphylaxis in the first aid setting: a scoping review. *Cureus* 2020;12(11)e11401. <https://doi.org/10.7759/cureus.11401>.
20. Campbell RL, Bellolio MF, Knutson BD, et al. Epinephrine in anaphylaxis: higher risk of cardiovascular complications and overdose after administration of intravenous bolus epinephrine compared with intramuscular epinephrine. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2015;3:76–80.
21. Ring J, Beyer K, Biedermann T, et al. Guideline (S2k) on acute therapy and management of anaphylaxis: 2021 update. *Allergo J Int* 2021;30(1):1–25. <https://doi.org/10.1007/s40629-020-00158-y>.



22. Boswell B, Rudders SA, Brown JC. Emerging therapies in anaphylaxis: alternatives to intramuscular administration of epinephrine. *Curr Allergy Asthma Rep* 2021;21(3):18. <https://doi.org/10.1007/s11882-021-00994-0>.
23. Dewachter P, Savic L. Perioperative anaphylaxis: pathophysiology, clinical presentation and management. *BJA Educ* 2019;19 (10):313–20. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2019.06.002>.
24. Vincent JL, De Backer D. Circulatory shock. *N Engl J Med* 2013;369 (18):1726–34. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1208943>.
25. O’Driscoll BR, Howard LS, Earis J, Mak V. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *Thorax* 2017;72 (Suppl 1):ii1–ii90. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2016-209729>.
26. Ellis BC, Brown SG. Parenteral antihistamines cause hypotension in anaphylaxis. *Emerg Med Australas* 2013;25(1):92–3. <https://doi.org/10.1111/1742-6723.12028>.
27. Alqurashi W, Ellis AK. Do corticosteroids prevent biphasic anaphylaxis?. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2017;5(5):1194–205. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2017.05.022>.
28. Liyanage CK, Galappatthy P, Seneviratne SL. Corticosteroids in management of anaphylaxis; a systematic review of evidence. *Eur Ann Allergy Clin Immunol* 2017;49(5):196–207. <https://doi.org/10.23822/EurAnnACI.1764-1489.15>.
29. Delli Colli L, Al Ali A, Gabrielli S, et al. Managing anaphylaxis: epinephrine, antihistamines, and corticosteroids: more than 10 years of Cross-Canada Anaphylaxis REgistry data. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2023;131(6):752–758.e1. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2023.08.606>.
30. Gabrielli S, Clarke A, Morris J, et al. Evaluation of prehospital management in a Canadian emergency department anaphylaxis cohort. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2019;7(7):2232–2238.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2019.04.018>.
31. Tafesse E, Hurst M, Sugrue D, et al. Serum potassium as a predictor of adverse clinical outcomes in patients with increasing comorbidity burden. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes* 2022;8 (1):61–9. <https://doi.org/10.1093/ehjqcco/qcaa078>.
32. Jessen MK, Andersen LW, Djakow J, et al. Pharmacological interventions for the acute treatment of hyperkalaemia: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2025;110489. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2025.110489>.
33. Conway R, Creagh D, Byrne DG, O’Riordan D, Silke B. Serum potassium levels as an outcome determinant in acute medical admissions. *Clin Med (Lond)* 2015;15(3):239–43. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.15-3-239>.
34. Einhorn LM, Zhan M, Hsu VD, et al. The frequency of hyperkalemia and its significance in chronic kidney disease. *Arch Intern Med* 2009;169(12):1156–62. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.132>.
35. Yu Y, Vangaveti VN, Schnetler RJ, Crowley BJ, Mallett AJ. Hyperkalaemia among hospital admissions: prevalence, risk factors, treatment and impact on length of stay. *BMC Nephrol* 2024;25(1):454. <https://doi.org/10.1186/s12882-024-03863-w>.
36. Agiro A, Mu F, Cook E, et al. Hyperkalemia and the risks of adverse cardiovascular outcomes in patients with chronic kidney disease. *J Am Heart Assoc* 2025;14(1)e035256. <https://doi.org/10.1161/JAHA.124.035256>.
37. Logan Ellis H, Al-Agil M, Kelly PA, Teo J, Sharpe C, Whyte MB. The burden of hyperkalaemia on hospital healthcare resources. *Clin Exp Med* 2024;24(1):190. <https://doi.org/10.1007/s10238-024-01452-7>.



38. Fu EL, Evans M, Clase CM, et al. Stopping renin-angiotensin system inhibitors in patients with advanced CKD and risk of adverse outcomes: a nationwide study. *J Am Soc Nephrol* 2021;32 (2):424–35. <https://doi.org/10.1681/ASN.2020050682>.
39. Svensson MK, Murohara T, Lesen E, et al. Hyperkalaemia-related reduction of RAASi treatment associates with more subsequent inpatient care. *Nephrol Dial Transplant* 2024;39(8):1258–67. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfae016>.
40. Yang A, Shi M, Lau ESH, et al. Clinical outcomes following discontinuation of renin-angiotensin-system inhibitors in patients with type 2 diabetes and advanced chronic kidney disease: a prospective cohort study. *EClinicalMedicine* 2023;55:101751. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101751>.
41. Kosiborod MN, Cherney DZI, Desai AS, et al. Sodium zirconium cyclosilicate for management of hyperkalemia during spironolactone optimization in patients with heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2024.11.014>.
42. Pitt B, Anker SD, Lund LH, et al. Patiromer facilitates angiotensin inhibitor and mineralocorticoid antagonist therapies in patients with heart failure and hyperkalemia. *J Am Coll Cardiol* 2024;84 (14):1295–308. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2024.05.079>.
43. Chothia MY, Kassum P, Zemlin A. A method comparison study of a point-of-care blood gas analyser with a laboratory auto-analyser for the determination of potassium concentrations during hyperkalaemia in patients with kidney disease. *Biochem Med (Zagreb)* 2020;30(3)030702. <https://doi.org/10.11613/BM.2020.030702>.
44. Ismail MH, Baharuddin KA, Suliman MA, Mohd Shukri MF, Che Has SN, Lo ZZ. Hyperkalemia measurement between blood gas analyser and main laboratory biochemistry analyser. *Med J Malaysia* 2021;76(2):157–63. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33742622>.
45. Mahmoud H, Jaffar Z, Al Alawi YM, et al. Accuracy of potassium measurement using blood gas analyzer. *Cureus* 2022;14(3)e23653. <https://doi.org/10.7759/cureus.23653>.
46. Durfey N, Lehnhof B, Bergeson A, et al. Severe hyperkalemia: can the electrocardiogram risk stratify for short-term adverse events?. *West J Emerg Med* 2017;18(5):963–71. <https://doi.org/10.5811/westjem.2017.6.33033>.
47. Littmann L, Gibbs MA. Electrocardiographic manifestations of severe hyperkalemia. *J Electrocardiol* 2018;51(5):814–7. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2018.06.018>.
48. Batterink J, Cessford TA, Taylor RAI. Pharmacological interventions for the acute management of hyperkalaemia in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010344.pub2>.
49. Mahoney BA, Smith WAD, Lo DS, Tsoi K, Tonelli M, Clase CM. Emergency interventions for hyperkalaemia - art. no. CD003235. pub2. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2005(2) (In English). doi: ARTN CD003235. 10.1002/14651858.CD003235. pub2.
50. Alfonzo A, Harrison A, Baines R, Chu A. Treatment of acute hyperkalaemia in adults. UK Kidney Association (UKKA) Guideline 2023. Available from: <http://www.ukkidney.org>.
51. Cook ME, Tran LK, DeGrado JR, Alkazemi A, Marino KK. Evaluation of insulin dosing strategies for hyperkalemia management at an academic medical center. *Clin Ther* 2024;46 (5):382–8. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2024.03.003>.
52. Finder SN, McLaughlin LB, Dillon RC. 5 versus 10 units of intravenous insulin for hyperkalemia in patients with moderate renal dysfunction. *J Emerg Med* 2022;62(3):298–305. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2021.10.027>.
53. Garcia J, Pintens M, Morris A, Takamoto P, Baumgartner L, Tasaka CL. Reduced versus conventional dose insulin for hyperkalemia treatment. *J Pharm Pract* 2018897190018799220. <https://doi.org/10.1177/0897190018799220>.
54. Moussavi K, Nguyen LT, Hua H, Fitter S. Comparison of IV insulin dosing strategies for hyperkalemia in the emergency department. *Crit Care Explor* 2020;2(4)e0092. <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000000092>.



55. Pearson SC, O'Connor K, Keller K, Hodge TJ, Nesbit R. Efficacy of standard- vs reduced-dose insulin for treatment of hyperkalemia: a quasi-experiment. *Am J Health Syst Pharm* 2022;79 (Suppl 1): S13–20. <https://doi.org/10.1093/ajhp/zxab382>.
56. Lim AKH, Crnobraja L, Metlapalli M, Govinna M, Jiang C. The effect of patient factors and cotreatments on the magnitude of potassium lowering with insulin-glucose treatment in patients with hyperkalemia. *Epidemiologia (Basel)* 2021;2(1):27–35. <https://doi.org/10.3390/epidemiologia2010003>.
57. Apel J, Reutrakul S, Baldwin D. Hypoglycemia in the treatment of hyperkalemia with insulin in patients with end-stage renal disease. *Am J Kidney Dis* 2014;7(3):248–50. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfu026>.
58. Boughton CK, Dixon D, Goble E, et al. Preventing hypoglycemia following treatment of hyperkalemia in hospitalized patients. *J Hosp Med* 2019;14(5):284–7. <https://doi.org/10.12788/jhm.3145>.
59. Coca A, Valencia AL, Bustamante J, Mendiluce A, Floege J. Hypoglycemia following intravenous insulin plus glucose for hyperkalemia in patients with impaired renal function. *PLoS One* 2017;12(2):e0172961. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172961>.
60. LaRue HA, Peksa GD, Shah SC. A comparison of insulin doses for the treatment of hyperkalemia in patients with renal insufficiency. *Pharmacotherapy* 2017;37(12):1516–22. <https://doi.org/10.1002/phar.2038>.
61. Pierce DA, Russell G, Pirkle Jr JL. Incidence of hypoglycemia in patients with low eGFR treated with insulin and dextrose for hyperkalemia. *Ann Pharmacother* 2015;49(12):1322–6. <https://doi.org/10.1177/1060028015607559>.
62. Scott NL, Klein LR, Cales E, Driver BE. Hypoglycemia as a complication of intravenous insulin to treat hyperkalemia in the emergency department. *Am J Emerg Med* 2019;37(2):209–13. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2018.05.016>.
63. Chothia MY, Humphrey T, Schoonees A, Chikte UME, Davids MR. Hypoglycaemia due to insulin therapy for the management of hyperkalaemia in hospitalised adults: a scoping review. *PLoS One* 2022;17(5):e0268395. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268395>.
64. Crnobraja L, Metlapalli M, Jiang C, Govinna M, Lim AKH. The association of insulin-dextrose treatment with hypoglycemia in patients with hyperkalemia. *Sci Rep* 2020;10(1):22044. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79180-7>.
65. Humphrey TJL, James G, Wilkinson IB, Hiemstra TF. Clinical outcomes associated with the emergency treatment of hyperkalaemia with intravenous insulin-dextrose. *Eur J Intern Med* 2022;95:87–92. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2021.09.018>.
66. Kijprasert W, Tarudeeyathaworn N, Loketkrawee C, Pimpaporn T, Pattarasettaseranee P, Tangsuwanaruk T. Predicting hypoglycemia after treatment of hyperkalemia with insulin and glucose (Glu-K60 score). *BMC Emerg Med* 2022;22(1):179. <https://doi.org/10.1186/s12873-022-00748-9>.
67. Tee SA, Devine K, Potts A, et al. Iatrogenic hypoglycaemia following glucose-insulin infusions for the treatment of hyperkalaemia. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2021;94(2):176–82. <https://doi.org/10.1111/cen.14343>.
68. Ibarra Jr F, Fountain C, Fallert T. Current hyperkalemia interventions co-administered with a dextrose 10% solution significantly lower hypoglycemic rates (CHICA-D10). *Am J Emerg Med* 2024;84:120–3. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2024.07.061>.
69. Allon M, Copkney C. Albuterol and insulin for treatment of hyperkalemia in hemodialysis patients. *Kidney International* 1990;38(5):869–72. <https://doi.org/10.1038/ki.1990.284>.
70. Ahmed J, Weisberg LS. Hyperkalemia in dialysis patients. *Semin Dialysis* 2001;14(5):348–56. <https://doi.org/10.1046/j.1525-139X.2001.00087.x> [In English].



71. Vallentin MF, Granfeldt A, Meilandt C, et al. Effect of intravenous or intraosseous calcium vs saline on return of spontaneous circulation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a randomized clinical trial. *JAMA* 2021;326(22):2268–76. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.20929>.
72. Piktel JS, Wan X, Kouk S, Laurita KR, Wilson LD. Beneficial effect of calcium treatment for hyperkalemia is not due to “membrane stabilization”. *Crit Care Med* 2024;52(10):1499–508. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006376>.
73. Fishel Bartal M, Sibai BM. Eclampsia in the 21st century. *Am J Obstet Gynecol* 2022;226(2S):S1237–53. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.09.037>.
74. Kosiborod M, Rasmussen HS, Lavin P, et al. Effect of sodium zirconium cyclosilicate on potassium lowering for 28 days among outpatients with hyperkalemia: the HARMONIZE randomized clinical trial. *JAMA* 2014;312(21):2223–33. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.15688>.
75. Wallmuller C, Meron G, Kurkciyan I, Schober A, Stratil P, Sterz F. Causes of in-hospital cardiac arrest and influence on outcome. *Resuscitation* 2012;83(10):1206–11. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.05.001>.
76. Wang CH, Huang CH, Chang WT, et al. The effects of calcium and sodium bicarbonate on severe hyperkalaemia during cardiopulmonary resuscitation: a retrospective cohort study of adult in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2016;98:105–11. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.09.384>.
77. Saarinen S, Nurmi J, Toivio T, Fredman D, Virkkunen I, Castren M. Does appropriate treatment of the primary underlying cause of PEA during resuscitation improve patients’ survival?. *Resuscitation* 2012;83(7):819–22. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2011.12.018>.
78. Chiu CC, Yen HH, Chen YL, Siao FY. Severe hyperkalemia with refractory ventricular fibrillation: successful resuscitation using extracorporeal membrane oxygenation. *Am J Emerg Med* 2014;32 (8):943.e5–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2014.01.016>.
79. Kao KC, Huang CC, Tsai YH, Lin MC, Tsao TC. Hyperkalemic cardiac arrest successfully reversed by hemodialysis during cardiopulmonary resuscitation: case report. *Chang Gung Med J* 2000;23(9):555–9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11092145>.
80. Kose N, Bilgin F. Successful treatment of a patient with cardiac arrest due to hyperkalemia by prolonged cardiopulmonary resuscitation along with hemodialysis: a case report and review of the literature. *Medicina (Kaunas)* 2021;57(8). <https://doi.org/10.3390/medicina57080810>.
81. Tijssen JA, Filler G. When CRRT on ECMO is not enough for potassium clearance: a case report. *Can J Kidney Health Dis* 2017;4:2054358117722559. <https://doi.org/10.1177/2054358117722559>.
82. Lee GT, Jeong D, Park JE, et al. Efficacy of anti-hyperkalemic agents during cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *Heliyon* 2024;10(16):e36345. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36345>.
83. Kardalas E, Paschou SA, Anagnostis P, Muscogiuri G, Siasos G, Vryonidou A. Hypokalemia: a clinical update. *Endocr Connect* 2018;7(4):R135–46. <https://doi.org/10.1530/EC-18-0109>.
84. Tse G, Li KHC, Cheung CKY, et al. Arrhythmogenic mechanisms in hypokalaemia: insights from pre-clinical models. *Front Cardiovasc Med* 2021;8:620539. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.620539>.
85. Fan Y, Wu M, Li X, et al. Potassium levels and the risk of all-cause and cardiovascular mortality among patients with cardiovascular diseases: a meta-analysis of cohort studies. *Nutr J* 2024;23(1):8. <https://doi.org/10.1186/s12937-023-00888-z>.
86. Lima I, Nunes JT, de Oliveira IH, et al. Association of potassium disorders with the mode of death and etiology in patients with chronic heart failure: the INCOR-HF study. *Sci Rep* 2024;14 (1):30167. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74928-x>.



87. Hagengaard L, Sogaard P, Espersen M, et al. Association between serum potassium levels and short-term mortality in patients with atrial fibrillation or flutter co-treated with diuretics and rate- or rhythm-controlling drugs. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother* 2020;6(3):137–44. <https://doi.org/10.1093/ehjcvp/pvz024>.
88. Ravn Jacobsen M, Jabbari R, Glinge C, et al. Potassium disturbances and risk of ventricular fibrillation among patients with st-segment-elevation myocardial infarction. *J Am Heart Assoc* 2020;9(4):e014160. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.014160>.
89. Huang BP, Zhao L, Zhao XM, et al. Serum potassium levels and mortality in hospitalized heart failure patients. *Rev Cardiovasc Med* 2023;24(8):228. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2408228>.
90. Cohn JN, Kowey PR, Whelton PK, Prisant LM. New guidelines for potassium replacement in clinical practice: a contemporary review by the national council on potassium in clinical practice. *Arch InternMed* 2000;160(16):2429–36. <https://doi.org/10.1001/archinte.160.16.2429>.
91. Huang CL, Kuo E. Mechanism of hypokalemia in magnesium deficiency. *J Am Soc Nephrol* 2007;18(10):2649–52. <https://doi.org/10.1681/ASN.2007070792>.
92. Epstein Y, Yanovich R. Heatstroke. *N Engl J Med* 2019;380 (25):2449–59. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1810762>.
93. Hayashida K, Shimizu K, Yokota H. Severe heatwave in Japan. *Acute Med Surg* 2019;6(2):206–7. <https://doi.org/10.1002/ams2.387>.
94. Hopkins PM, Girard T, Dalay S, et al. Malignant hyperthermia 2020: guideline from the association of anaesthetists. *Anaesthesia* 2021;76(5):655–64. <https://doi.org/10.1111/anae.15317>.
95. Rußfert H, Bastian B, Bendixen D, et al. Consensus guidelines on perioperative management of malignant hyperthermia suspected or susceptible patients from the European malignant hyperthermia group. *Br J Anaesth* 2021;126(1):120–30. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.09.029>.
96. Gong X. Malignant hyperthermia when dantrolene is not readily available. *BMC Anesthesiol* 2021;21(1):119. <https://doi.org/10.1186/s12871-021-01328-3>.
97. Cong Z, Wan T, Wang J, et al. Epidemiological and clinical features of malignant hyperthermia: a scoping review. *Clin Genet* 2024;105 (3):233–42. <https://doi.org/10.1111/cge.14475>.
98. Eifling KP, Gaudio FG, Dumke C, et al. Wilderness medical society clinical practice guidelines for the prevention and treatment of heat illness: 2024 update. *Wilderness Environ Med* 2024;35 (1\_suppl):112s–27s. <https://doi.org/10.1177/10806032241227924>.
99. Lott C, Truhlar A, Alfonzo A, et al. European resuscitation council guidelines 2021: cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 2021;161:152–219. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.011>.
100. Singletary EM, Zideman DA, Bendall JC, et al. 2020 international consensus on first aid science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A240–82. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.016>.
101. Zideman DA, Singletary EM, Borra V, et al. European resuscitation council guidelines 2021: first aid. *Resuscitation* 2021;161:270–90. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.013>.
102. Roberts WO, Armstrong LE, Sawka MN, Yeargin SW, Heled Y, O’Connor FG. ACSM expert consensus statement on exertional heat illness: recognition, management, and return to activity. *Curr Sports Med Rep* 2023;22(4):134–49. <https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000001058>.
103. Strapazzon G, Procter E, Paal P, Brugger H. Pre-hospital core temperature measurement in accidental and therapeutic hypothermia. *High Alt Med Biol* 2014;15(2):104–11. <https://doi.org/10.1089/ham.2014.1008>.
104. Barletta JF, Palmieri TL, Toomey SA, et al. Society of critical care medicine guidelines for the treatment of heat stroke. *Crit Care Med* 2025;53(2):e490–500. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000006551>.



105. Douma MJ, Aves T, Allan KS, et al. First aid cooling techniques for heat stroke and exertional hyperthermia: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2020;148:173–90. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.01.007>.
106. Hew-Butler T, Rosner MH, Fowkes-Godek S, et al. Statement of the 3rd international exercise-associated hyponatremia consensus development conference, Carlsbad, California, 2015. *Br J Sports Med* 2015;49(22):1432–46. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095004>.
107. Bouchama A, Dehbi M, Chaves-Carballo E. Cooling and hemodynamic management in heatstroke: practical recommendations. *Crit Care* 2007;11(3):R54. <https://doi.org/10.1186/cc5910>.
108. Litman RS, Griggs SM, Dowling JJ, Riazi S. Malignant hyperthermia susceptibility and related diseases. *Anesthesiology* 2018;128(1):159–67. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000001877>.
109. Riazi S, Kraeva N, Hopkins PM. Malignant hyperthermia in the post- genomics era: new perspectives on an old concept. *Anesthesiology* 2018;128(1):168–80. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000001878>.
110. Hall AP, Henry JA. Acute toxic effects of 'Ecstasy' (MDMA) and related compounds: overview of pathophysiology and clinical management. *Br J Anaesth* 2006;96(6):678–85. <https://doi.org/10.1093/bja/ael078>.
111. Kollmann-Camaiora A, Alsina E, Dom'inguez A, et al. Clinical protocol for the management of malignant hyperthermia. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2017;64(1):32–40. <https://doi.org/10.1016/j.redar.2016.06.004> [In eng spa].
112. Centres accredited by the European Malignant Hyperthermia Group.
113. Kyotani Y, Zhao J, Nakahira K, Yoshizumi M. The role of antipsychotics and other drugs on the development and progression of neuroleptic malignant syndrome. *Sci Rep* 2023;13(1):18459. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45783-z>.
114. Ngo V, Guerrero A, Lanum D, et al. Emergent treatment of neuroleptic malignant syndrome induced by antipsychotic monotherapy using dantrolene. *Clin Pract Cases Emerg Med* 2019;3(1):16–23. <https://doi.org/10.5811/cpcem.2018.11.39667>.
115. Rosenberg MR, Green M. Neuroleptic malignant syndrome: review of response to therapy. *Arch Int Med* 1989;149(9):1927–31. <https://doi.org/10.1001/archinte.1989.00390090009002>.
116. Wijdicks EFM, Ropper AH. Neuroleptic malignant syndrome. *New England Journal of Medicine* 2024;391(12):1130–8. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2404606>.
117. Zhang Y, Deng W, Wang M, Luo S, Li S. A real-world pharmacovigilance study of neuroleptic malignant syndrome based on FDA adverse event reporting system. *Front Pharmacol* 2024;15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1438661> (Original Research) [In English].
118. Chiew AL, Isbister GK. Management of serotonin syndrome (toxicity). *British Journal of Clinical Pharmacology*;n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/bcp.16152>.
119. Gillman PK. Serotonin syndrome treated with chlorpromazine. *J Clin Psychopharmacol* 1997;17(2):128–9. <https://doi.org/10.1097/00004714-199704000-00017>.
120. Mason PJ, Morris VA, Balcezak TJ. Serotonin syndrome. Presentation of 2 cases and review of the literature. *Medicine (Baltimore)* 2000;79(4):201–9. <https://doi.org/10.1097/00005792-200007000-00001>.
121. Morarasu BC, Coman AE, Bologa C, et al. Recognition and management of serotonin toxidrome in the emergency department- case based review. *J Pers Med* 2022;12(12). <https://doi.org/10.3390/jpm12122069>.
122. Nguyen H, Pan A, Smollin C, Cantrell LF, Kearney T. An 11-year retrospective review of cyproheptadine use in serotonin syndrome cases reported to the California Poison Control System. *J Clin Pharm Ther* 2019;44(2):327–34. <https://doi.org/10.1111/jcpt.12796>.



123. Boehrer JD, Moliterno DJ, Willard JE, Hillis LD, Lange RA. Influence of labetalol on cocaine-induced coronary vasoconstriction in humans. *Am J Med* 1993;94(6):608–10. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(93\)90212-8](https://doi.org/10.1016/0002-9343(93)90212-8).
124. Callaway CW, Clark RF. Hyperthermia in psychostimulant overdose. *Ann Emerg Med* 1994;24(1):68–76. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(94\)70165-2](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(94)70165-2).
125. Castro AL, Tarelho S, Almeida D, Sousa L, Franco JM, Teixeira HM. MDMA intoxication in a potential organ donor with cardiac arrest. *J Anal Toxicol* 2020;44(8):923–6. <https://doi.org/10.1093/jat/bkaa042>.
126. Chen JP. Methamphetamine-associated acute myocardial infarction and cardiogenic shock with normal coronary arteries: refractory global coronary microvascular spasm. *J Invasive Cardiol*
127. Grunau BE, Wiens MO, Brubacher JR. Dantrolene in the treatment of MDMA-related hyperpyrexia: a systematic review. *Cjem* 2010;12 (5):435–42. <https://doi.org/10.1017/s1481803500012598>.
128. Hollander JE, Carter WA, Hoffman RS. Use of phentolamine for cocaine-induced myocardial ischemia. *N Engl J Med* 1992;327 (5):361. <https://doi.org/10.1056/nejm199207303270517>.
129. Hysek C, Schmid Y, Rickli A, et al. Carvedilol inhibits the cardiostimulant and thermogenic effects of MDMA in humans. *Br J Pharmacol* 2012;166(8):2277–88. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2012.01936.x>.
130. Kiyatkin EA, Ren S. Clubbing with ecstasy. *Temperature (Austin)* 2014;1(3):160–1. <https://doi.org/10.4161/23328940.2014.980137>.
131. Lavonas EJ, Akpunonu PD, Arens AM, et al. 2023 American heart association focused update on the management of patients with cardiac arrest or life-threatening toxicity due to poisoning: an update to the american heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 2023;148(16):e149–84. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001161>.
132. Liechti ME, Kunz I, Kupferschmidt H. Acute medical problems due to Ecstasy use. Case-series of emergency department visits. *Swiss Med Wkly* 2005;135(43–44):652–7. <https://doi.org/10.4414/smw.2005.11231>.
133. Lucyk SN. Acute cardiovascular toxicity of cocaine. *Canadian J Cardiol* 2022;38(9):1384–94. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.05.003>.
134. Matsumoto RR, Seminerio MJ, Turner RC, et al. Methamphetamine-induced toxicity: an updated review on issues related to hyperthermia. *Pharmacol Ther* 2014;144(1):28–40. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2014.05.001>.
135. Mende L, Böhmer R, Regenthal R, Klein N, Grond S, Radke J. Cardiac arrest caused by an ecstasy intoxication. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2005;40(12):762–5. <https://doi.org/10.1055/s-2005-870500> [In ger].
136. Mueller PD, Korey WS. Death by “ecstasy”: the serotonin syndrome?. *Ann Emerg Med* 1998;32(3 Pt 1):377–80. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(98\)70018-6](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(98)70018-6).
137. Yap CYL, Taylor DM, Knott JC, et al. Intravenous midazolam- droperidol combination, droperidol or olanzapine monotherapy for methamphetamine-related acute agitation: subgroup analysis of a randomized controlled trial. *Addiction* 2017;112(7):1262–9. <https://doi.org/10.1111/add.13780>.
138. Burns MJ, Linden CH, Graudins A, Brown RM, Fletcher KE. A comparison of physostigmine and benzodiazepines for the treatment of anticholinergic poisoning. *Annals of Emergency Medicine* 2000;35(4):374–81. [https://doi.org/10.1016/S0196-0644\(00\)70057-6](https://doi.org/10.1016/S0196-0644(00)70057-6).
139. Dawson AH, Buckley NA. Pharmacological management of anticholinergic delirium - theory, evidence and practice. *Br J Clin Pharmacol* 2016;81(3):516–24. <https://doi.org/10.1111/bcp.12839>.
140. Green R, Sitar DS, Tenenbein M. Effect of anticholinergic drugs on the efficacy of activated charcoal. *J Toxicol Clin Toxicol* 2004;42 (3):267–72. <https://doi.org/10.1081/clt-120037426>.



141. Jamshidi N, Dawson A. The hot patient: acute drug-induced hyperthermia. *Aust Prescr* 2019;42(1):24–8. <https://doi.org/10.18773/austprescr.2019.006>.
142. Rasimas JJ, Sachdeva KK, Donovan JW. Revival of an antidote: bedside experience with physostigmine. *Toxicology Communications* 2018;2(1):85–101. <https://doi.org/10.1080/24734306.2018.1535538>.
143. Haller CA, Benowitz NL. Adverse cardiovascular and central nervous system events associated with dietary supplements containing ephedra alkaloids. *New England Journal of Medicine* 2000;343(25):1833–8. <https://doi.org/10.1056/NEJM200012213432502>.
144. Pentel P. Toxicity of over-the-counter stimulants. *JAMA* 1984;252 (14):1898–903. <https://doi.org/10.1001/jama.1984.03350140044023>.
145. Rhidian R. Running a risk? Sport supplement toxicity with ephedrine in an amateur marathon runner, with subsequent rhabdomyolysis. *BMJ Case Rep* 2011;2011. <https://doi.org/10.1136/bcr.11.2011.5093>.
146. Chyka PA, Erdman AR, Christianson G, et al. Salicylate poisoning: An evidence-based consensus guideline for out-of-hospital management. *Clin Toxicol* 2007;45(2):95–131. <https://doi.org/10.1080/15563650600907140>.
147. Juurlink DN, Gosselin S, Kielstein JT, et al. Extracorporeal treatment for salicylate poisoning: systematic review and recommendations from the EXTRIP workgroup. *Annals of Emergency Medicine* 2015;66(2):165–81. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2015.03.031>.
148. Grundlingh J, Dargan PI, El-Zanfaly M, Wood DM. 2,4-dinitrophenol (DNP): a weight loss agent with significant acute toxicity and risk of death. *J Med Toxicol* 2011;7(3):205–12. <https://doi.org/10.1007/s13181-011-0162-6>.
149. Kopec KT, Kim T, Mowry J, Aks S, Kao L. Role of dantrolene in dinitrophenol (DNP) overdose: a continuing question?. *Am J Emerg Med* 2019;37(6):1216.e1–2. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.03.035>.
150. Pasquier M, Cools E, Zafren K, Carron PN, Frochoux V, Rousson V. Vital signs in accidental hypothermia. *High Alt Med Biol* 2021;22 (2):142–7. <https://doi.org/10.1089/ham.2020.0179>.
151. Frei C, Darocha T, Debaty G, et al. Clinical characteristics and outcomes of witnessed hypothermic cardiac arrest: a systematic review on rescue collapse. *Resuscitation* 2019;137:41–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.02.001>.
152. Podsiadlo P, Darocha T, Svendsen OS, et al. Outcomes of patients suffering unwitnessed hypothermic cardiac arrest rewarmed with extracorporeal life support: a systematic review. *Artif Organs* 2021;45(3):222–9. <https://doi.org/10.1111/aor.13818>.
153. Mydske S, Thomassen O. Is prehospital use of active external warming dangerous for patients with accidental hypothermia: a systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2020;28 (1):77. <https://doi.org/10.1186/s13049-020-00773-2>.
154. Fujimoto Y, Matsuyama T, Morita S, et al. Indoor versus outdoor occurrence in mortality of accidental hypothermia in japan: the j- point registry. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2020;10(3):159–64. <https://doi.org/10.1089/ther.2019.0017>.
155. Mroczek T, Gladki M, Skalski J. Successful resuscitation from accidental hypothermia of 11.8 degrees C: where is the lower bound for human beings?. *Eur J Cardiothorac Surg* 2020;58 (5):1091–2. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa159>.
156. Musi ME, Sheets A, Zafren K, et al. Clinical staging of accidental hypothermia: the revised swiss system: recommendation of the international commission for mountain emergency medicine (ICAR MedCom). *Resuscitation* 2021;162:182–7. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.038>.
157. Paal P, Pasquier M, Darocha T, et al. Accidental Hypothermia: 2021 Update. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010501>.



158. Pasquier M, Hugli O, Paal P, et al. Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: the HOPE score. *Resuscitation* 2018;126:58–64. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.02.026>.
159. Pasquier M, Paal P, Kosinski S, Brown D, Podsiadlo P, Darocha T. Esophageal temperature measurement. *N Engl J Med* 2020;383 (16):e93. <https://doi.org/10.1056/NEJMvem1900481>.
160. Pasquier M, Rousson V, Darocha T, et al. Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: an external validation of the HOPE score. *Resuscitation* 2019;139:321–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.03.017>.
161. Podsiadlo P, Brozek T, Balik M, et al. Predictors of cardiac arrest in severe accidental hypothermia. *Am J Emerg Med* 2024;78:145–50. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2024.01.031>.
162. Woodhall B, Sealy WC, Hall KD, Floyd WL. Craniotomy under conditions of quinidine-protected cardioplegia and profound hypothermia. *Ann Surg* 1960;152(1):37–44. <https://doi.org/10.1097/00000658-196007000-00006>.
163. Pasquier M, Zurrón N, Weith B, et al. Deep accidental hypothermia with core temperature below 24 degrees c presenting with vital signs. *High Alt Med Biol* 2014;15(1):58–63. <https://doi.org/10.1089/ham.2013.1085>.
164. Soar J, Bottiger BW, Carli P, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2025: Adult Advanced Life Support. 2025;215 (Suppl 1):110769.
165. Pasquier M ea. Estimation of the survival probability using HOPE. (<https://www.hypothermiascore.org>).
166. Gordon L, Paal P. Normothermic and hypothermic cardiac arrest- Beware of Jekyll and Hyde. *Resuscitation* 2018;129:e10–1. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.04.020>.
167. Wood SC. Interactions between hypoxia and hypothermia. *Annu Rev Physiol* 1991;53:71–85. <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.53.030191.000443>.
168. Mair P, Gasteiger L, Mair B, Stroehle M, Walpoth B. Successful defibrillation of four hypothermic patients with witnessed cardiac arrest. *High Alt Med Biol* 2019;20(1):71–7. <https://doi.org/10.1089/ham.2018.0084>.
169. Stoner J, Martin G, O'Mara K, Ehlers J, Tomlanovich M. Amiodarone and bretylium in the treatment of hypothermic ventricular fibrillation in a canine model. *Acad Emerg Med* 2003;10 (3):187–91. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2003.tb01988.x>.
170. Krismer AC, Lindner KH, Kornberger R, et al. Cardiopulmonary resuscitation during severe hypothermia in pigs: does epinephrine or vasopressin increase coronary perfusion pressure?. *Anesth Analg* 2000;90(1):69–73. <https://doi.org/10.1097/00000539-200001000-00017>.
171. Kornberger E, Lindner KH, Mayr VD, et al. Effects of epinephrine in a pig model of hypothermic cardiac arrest and closed-chest cardiopulmonary resuscitation combined with active rewarming. *Resuscitation* 2001;50(3):301–8. [https://doi.org/10.1016/s0300-9572\(01\)00353-7](https://doi.org/10.1016/s0300-9572(01)00353-7).
172. Cools E, Meyer M, Courvoisier D, Walpoth B. Successful pre- rewarming resuscitation after cardiac arrest in severe hypothermia: a retrospective cohort study from the international hypothermia registry. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph19074059>.
173. Gordon L, Paal P, Ellerton JA, Brugger H, Peek GJ, Zafren K. Delayed and intermittent CPR for severe accidental hypothermia. *Resuscitation* 2015;90:46–9. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.02.017>.
174. Takauji S, Hayakawa M, Yamada D, et al. Outcome of extracorporeal membrane oxygenation use in severe accidental hypothermia with cardiac arrest and circulatory instability: a multicentre, prospective, observational study in Japan (ICE-CRASH study). *Resuscitation* 2023;182:109663. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.12.001>.



175. Ruttmann E, Weissenbacher A, Ulmer H, et al. Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiocirculatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007;134(3):594–600. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.03.049>.
176. Mendrala K, Darocha T, Pluta M, et al. Outcomes of extracorporeal life support in hypothermic cardiac arrest: revisiting ELSO guidelines. *Resuscitation* 2024;205::110424. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2024.110424>.
177. Gruber E, Beikircher W, Pizzinini R, et al. Non-extracorporeal rewarming at a rate of 6.8 degrees C per hour in a deeply hypothermic arrested patient. *Resuscitation* 2014;85(8):e119–20. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.05.011>.
178. Kuhnke M, Albrecht R, Schefold JC, Paal P. Successful resuscitation from prolonged hypothermic cardiac arrest without extracorporeal life support: a case report. *J Med Case Rep* 2019;13 (1):354. <https://doi.org/10.1186/s13256-019-2282-6>.
179. Okada Y, Matsuyama T, Morita S, et al. The development and validation of a “5A” severity scale for predicting in-hospital mortality after accidental hypothermia from J-point registry data. *J Intensive Care* 2019;7:27. <https://doi.org/10.1186/s40560-019-0384-2>.
180. Okada Y, Matsuyama T, Hayashida K, Takauji S, Kanda J, Yokobori S. External validation of 5A score model for predicting in-hospital mortality among the accidental hypothermia patients: JAAM-hypothermia study 2018-2019 secondary analysis. *J Intensive Care* 2022;10(1):24. <https://doi.org/10.1186/s40560-022-00616-5>.
181. Swol J, Darocha T, Paal P, et al. Extracorporeal life support in accidental hypothermia with cardiac arrest—a narrative review. *ASAIO J* 2022;68(2):153–62. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001518>.
182. Rauch S, Brugger H, Falk M, et al. Avalanche survival rates in Switzerland, 1981-2020. *JAMA Netw Open* 2024;7(9)e2435253. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.35253>.
183. Boue Y, Payen JF, Brun J, et al. Survival after avalanche-induced cardiac arrest. *Resuscitation* 2014;85(9):1192–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.06.015>.
184. Moroder L, Mair B, Brugger H, Voelckel W, Mair P. Outcome of avalanche victims with out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2015;89:114–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.01.019>.
185. Metrailler-Mermoud J, Hugli O, Carron PN, et al. Avalanche victims in cardiac arrest are unlikely to survive despite adherence to medical guidelines. *Resuscitation* 2019;141:35–43. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.05.037>.
186. Procter E, Strapazon G, Dal Cappello T, et al. Burial duration, depth and air pocket explain avalanche survival patterns in Austria and Switzerland. *Resuscitation* 2016;105:173–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.06.001>.
187. Rauch S, Koppenberg J, Josi D, et al. Avalanche survival depends on the time of day of the accident: a retrospective observational study. *Resuscitation* 2022;174:47–52. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.03.023>.
188. Pasquier M, Strapazon G, Kottmann A, et al. On-site treatment of avalanche victims: scoping review and 2023 recommendations of the international commission for mountain emergency medicine (ICAR MedCom). *Resuscitation* 2023;184:109708. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109708>.
189. Genswein M, Macias D, McIntosh S, Reiweger I, Hetland A, Paal P. AvaLife—A new multi-disciplinary approach supported by accident and field test data to optimize survival chances in rescue and first aid of avalanche patients. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19 (9). <https://doi.org/10.3390/ijerph19095257>.
190. Egger A, Niederer M, Tscherny K, et al. Influence of physical strain at high altitude on the quality of cardiopulmonary resuscitation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2020;28(1):19. <https://doi.org/10.1186/s13049-020-0717-0>.



191. Putzer G, Braun P, Zimmermann A, et al. LUCAS compared to manual cardiopulmonary resuscitation is more effective during helicopter rescue—a prospective, randomized, cross-over manikin study. *Am J Emerg Med* 2013;31(2):384–9. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2012.07.018>.
192. Gassler H, Kurka L, Rauch S, Seewald S, Kulla M, Fischer M. Mechanical chest compression devices under special circumstances. *Resuscitation* 2022;179:183–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.06.014>.
193. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J* 2020;41(4):543–603. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz405>.
194. Javaudin F, Lascarrou JB, Le Bastard Q, et al. Thrombolysis during resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest caused by pulmonary embolism increases 30-day survival: findings from the French national cardiac arrest registry. *Chest* 2019;156(6):1167–75. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.07.015>.
195. Bottiger BW, Arntz HR, Chamberlain DA, et al. Thrombolysis during resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2008;359(25):2651–62. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa070570>.
196. Bergum D, Nordseth T, Mjølstad OC, Skogvoll E, Haugen BO. Causes of in-hospital cardiac arrest - incidences and rate of recognition. *Resuscitation* 2015;87:63–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.11.007>.
197. Kurkciyan I, Meron G, Sterz F, et al. Pulmonary embolism as a cause of cardiac arrest: presentation and outcome. *Arch Intern Med* 2000;160(10):1529–35. <https://doi.org/10.1001/archinte.160.10.1529>.
198. Pudil J, Rob D, Smalcova J, et al. Pulmonary embolism-related refractory out-of-hospital cardiac arrest and extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: prague OHCA study post hoc analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2023;12(8):507–12. <https://doi.org/10.1093/ehjacc/zuad052>.
199. Soar J, Berg KM, Andersen LW, et al. Adult advanced life support: 2020 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A80–A119. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.012>.
200. Soar J, Maconochie I, Wyckoff MH, et al. 2019 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2019;145:95–150. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.10.016>.
201. Wyckoff MH, Greif R, Morley PT, et al. 2022 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations: summary from the basic life support; advanced life support; pediatric life support; neonatal life support; education, implementation, and teams; and first aid task forces. *Resuscitation* 2022;181:208–88. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.10.005>.
202. Heradstveit BE, Sunde K, Sunde GA, Wentzel-Larsen T, Heltne JK. Factors complicating interpretation of capnography during advanced life support in cardiac arrest—a clinical retrospective study in 575 patients. *Resuscitation* 2012;83(7):813–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.02.021>.
203. Aagaard R, Lofgren B, Caap P, Mygind-Klausen T, Botker MT, Granfeldt A. A low end-tidal CO<sub>2</sub>/arterial CO<sub>2</sub> ratio during cardiopulmonary resuscitation suggests pulmonary embolism. *Resuscitation* 2018;133:137–40. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.10.008>.
204. Bova C, Greco F, Misuraca G, et al. Diagnostic utility of echocardiography in patients with suspected pulmonary embolism. *Am J Emerg Med* 2003;21(3):180–3. [https://doi.org/10.1016/s0735-6757\(02\)42257-7](https://doi.org/10.1016/s0735-6757(02)42257-7).
205. Geibel A, Zehender M, Kasper W, Olschewski M, Klima C, Konstantinides SV. Prognostic value of the ECG on admission in patients with acute major pulmonary embolism. *Eur Respir J* 2005;25(5):843–8. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00119704>.



206. Wan S, Quinlan DJ, Agnelli G, Eikelboom JW. Thrombolysis compared with heparin for the initial treatment of pulmonary embolism: a meta-analysis of the randomized controlled trials. *Circulation* 2004;110(6):744–9. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000137826.09715.9C>.
207. Ruiz-Bailen M, Aguayo-de-Hoyos E, Serrano-Corcoles MC, et al. Thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator during cardiopulmonary resuscitation in fulminant pulmonary embolism. A case series. *Resuscitation* 2001;51(1):97–101. [https://doi.org/10.1016/s0300-9572\(01\)00384-7](https://doi.org/10.1016/s0300-9572(01)00384-7).
208. Sharifi M, Berger J, Beeston P, et al. Pulseless electrical activity in pulmonary embolism treated with thrombolysis (from the “PEAPETT” study). *Am J Emerg Med* 2016;34(10):1963–7. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.06.094>.
209. Wu JP, Gu DY, Wang S, Zhang ZJ, Zhou JC, Zhang RF. Good neurological recovery after rescue thrombolysis of presumed pulmonary embolism despite prior 100 minutes CPR. *J Thorac Dis* 2014;6(12):E289–93. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2014.12.23>.
210. Summers K, Schultheis J, Raiff D, Dahhan T. Evaluation of rescue thrombolysis in cardiac arrest secondary to suspected or confirmed pulmonary embolism. *Ann Pharmacother* 2019;53(7):711–5. <https://doi.org/10.1177/1060028019828423>.
211. Fava M, Loyola S, Bertoni H, Dougnac A. Massive pulmonary embolism: percutaneous mechanical thrombectomy during cardiopulmonary resuscitation. *J Vasc Interv Radiol* 2005;16 (1):119–23. <https://doi.org/10.1097/01.RVI.0000146173.85401.BA>.
212. Pasrija C, Kronfli A, Rouse M, et al. Outcomes after surgical pulmonary embolectomy for acute submassive and massive pulmonary embolism: a single-center experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;155(3):1095–1106 e2. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.10.139>.
213. Konstantinov IE, Saxena P, Koniuszko MD, Alvarez J, Newman MA. Acute massive pulmonary embolism with cardiopulmonary resuscitation: management and results. *Tex Heart Inst J* 2007;34 (1):41–5. discussion 45-6 Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17420792>.
214. Goldhaber SZ, Haire WD, Feldstein ML, et al. Alteplase versus heparin in acute pulmonary embolism: randomised trial assessing right-ventricular function and pulmonary perfusion. *Lancet* 1993;341 (8844):507–11. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(93\)90274-k](https://doi.org/10.1016/0140-6736(93)90274-k).
215. Maj G, Melisurgo G, De Bonis M, Pappalardo F. ECLS management in pulmonary embolism with cardiac arrest: which strategy is better?. *Resuscitation* 2014;85(10):e175–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.03.309>.
216. Debatty G, Babaz V, Durand M, et al. Prognostic factors for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation recipients following out-of-hospital refractory cardiac arrest. A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2017;112:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.12.011>.
217. Richardson ASC, Tonna JE, Nanjaya V, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults. Interim guideline consensus statement from the extracorporeal life support organization. *ASAIO J* 2021;67(3):221–8. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001344>.
218. Sakuraya M, Hifumi T, Inoue A, Sakamoto T, Kuroda Y Group S-JS. Neurological outcomes and reperfusion strategies in out-of-hospital cardiac arrest patients due to pulmonary embolism who underwent venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: a post-hoc analysis of a multicenter retrospective cohort study. *Resuscitation* 2023;191:109926. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109926>.
219. Hayashi M, Shimizu W, Albert CM. The spectrum of epidemiology underlying sudden cardiac death. *Circ Res* 2015;116 (12):1887–906. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.304521>.
220. Geri G, Passouant O, Dumas F, et al. Etiological diagnoses of out- of-hospital cardiac arrest survivors admitted to the intensive care unit: Insights from a French registry. *Resuscitation* 2017;117:66–72. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.06.006>.



221. Vahatalo J, Holmstrom L, Pakanen L, et al. Coronary artery disease as the cause of sudden cardiac death among victims < 50 years of age. *Am J Cardiol* 2021;147:33–8. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2021.02.012>.
222. Zachariasardottir S, Risgaard B, Agesen FN, et al. Sudden cardiac death and coronary disease in the young: a nationwide cohort study in Denmark. *Int J Cardiol* 2017;236:16–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.01.118>.
223. Scquizzato T, Sofia R, Gazzato A, et al. Coronary angiography findings in resuscitated and refractory out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2023;189:109869. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109869>.
224. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J* 2021;42(34):3227–337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>.
225. Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, et al. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *Eur Heart J* 2023;44(38):3720–826. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad191>.
226. Farquharson B, Abhyankar P, Smith K, et al. Reducing delay in patients with acute coronary syndrome and other time-critical conditions: a systematic review to identify the behaviour change techniques associated with effective interventions. *Open Heart* 2019;6(1)e000975. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2018-000975>.
227. Cartanya-Bonvehi J, Pericas-Vila A, Subirana I, Garcia-Garcia C, Tizon-Marcos H, Elosua R. Effectiveness of STEMI networks with out-of-hospital triage: a systematic review and meta-analysis. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2024. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2024.07.008>.
228. Baldi E, Schnaubelt S, Caputo ML, et al. Association of timing of electrocardiogram acquisition after return of spontaneous circulation with coronary angiography findings in patients with out- of-hospital cardiac arrest. *JAMA Netw Open* 2021;4(1)e2032875. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.32875>.
229. McFadden P, Reynolds JC, Madder RD, Brown M. Diagnostic test accuracy of the initial electrocardiogram after resuscitation from cardiac arrest to indicate invasive coronary angiographic findings and attempted revascularization: a systematic review and meta- analysis. *Resuscitation* 2021;160:20–36. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.11.039>.
230. Kim YJ, Min SY, Lee DH, et al. The role of post-resuscitation electrocardiogram in patients with ST-segment changes in the immediate post-cardiac arrest period. *JACC Cardiovasc Interv* 2017;10(5):451–9. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2016.11.046>.
231. Garcia-Tejada J, Jurado-Roman A, Rodriguez J, et al. Post- resuscitation electrocardiograms, acute coronary findings and in- hospital prognosis of survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2014;85(9):1245–50. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.06.001>.
232. Drennan IR, Nikolaou N, Netherton S, et al. Early Coronary Angiography Post-ROSC: Consensus on Science with Treatment Recommendations. [Internet] Brussels, Belgium: International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) Advanced Life Support Task Force. <http://ilcor.org>.
233. Elfwen L, Lagedal R, James S, et al. Coronary angiography in out- of-hospital cardiac arrest without ST elevation on ECG-Short- and long-term survival. *Am Heart J* 2018;200:90–5. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2018.03.009>.
234. Patel N, Patel NJ, Macon CJ, et al. Trends and outcomes of coronary angiography and percutaneous coronary intervention after out-of-hospital cardiac arrest associated with ventricular fibrillation or pulseless ventricular tachycardia. *JAMA Cardiol* 2016;1 (8):890–9. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.2860>.
235. Nikolaou NI, Netherton S, Welsford M, et al. A systematic review and meta-analysis of the effect of routine early angiography in patients with return of spontaneous circulation after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2021;163:28–48. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.03.019>.



236. Elfwen L, Lagedal R, Nordberg P, et al. Direct or subacute coronary angiography in out-of-hospital cardiac arrest (DISCO)-an initial pilot-study of a randomized clinical trial. *Resuscitation* 2019;139:253–61. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.04.027>.
237. Lemkes JS, Janssens GN, van der Hoeven NW, et al. Coronary angiography after cardiac arrest without ST-segment elevation. *N Engl J Med* 2019;380(15):1397–407. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1816897>.
238. Kern KB, Radsel P, Jentzer JC, et al. Randomized pilot clinical trial of early coronary angiography versus no early coronary angiography after cardiac arrest without ST-segment elevation: the PEARL study. *Circulation* 2020;142(21):2002–12. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.049569>.
239. Desch S, Freund A, Akin I, et al. Angiography after out-of-hospital cardiac arrest without ST-segment elevation. *N Engl J Med* 2021;385(27):2544–53. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2101909>.
240. Hauw-Berlemont C, Lamhaut L, Diehl JL, et al. Emergency vs delayed coronary angiogram in survivors of out-of-hospital cardiac arrest: results of the randomized, multicentric EMERGE trial. *JAMA Cardiol* 2022;7(7):700–7. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2022.1416>.
241. Viana-Tejedor A, Andrea-Riba R, Scardino C, et al. Coronary angiography in patients without ST-segment elevation following out-of-hospital cardiac arrest. COUPE clinical trial. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2023;76(2):94–102. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2022.05.013>.
242. Pocock H, Nicholson T, Szarpak L, Soar J, Berg KM, Force. *obotILCoRALST. Mechanical CPR Devices: Consensus on Science with Treatment Recommendations*. [Internet] Brussels, Belgium: International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) Advanced Life Support Task Force. <http://ilcor.org>.
243. Holmberg MJ, Granfeldt A, Guerguerian AM, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrest: an updated systematic review. *Resuscitation* 2023;182:109665. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.12.003>.
244. Yannopoulos D, Bartos J, Raveendran G, et al. Advanced reperfusion strategies for patients with out-of-hospital cardiac arrest and refractory ventricular fibrillation (ARREST): a phase 2, single centre, open-label, randomised controlled trial. *Lancet* 2020;396 (10265):1807–16. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32338-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32338-2).
245. Belohlavek J, Smalцова J, Rob D, et al. Effect of intra-arrest transport, extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, and immediate invasive assessment and treatment on functional neurologic outcome in refractory out-of-hospital cardiac arrest: a randomized clinical trial. *JAMA* 2022;327(8):737–47. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.1025>.
246. Suverein MM, Delnoij TSR, Lorusso R, et al. Early extracorporeal CPR for refractory out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2023;388(4):299–309. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2204511>.
247. Grunau B, O’Neil BJ, Giustini D, Drennan IR, Lavonas EJ. Opioid-associated cardiac arrest: a systematic review of intra-arrest naloxone and other opioid-specific advanced life-support therapies. *Resusc Plus* 2025;100906.
248. Beaulieu J, St-Onge M. Antidote use for cardiac arrest or hemodynamic instability due to cardiac glycoside poisoning: a narrative review. *Resusc Plus* 2024;19:100690.
249. Maier S, Roßner L, Saemann L. Extracorporeal membrane oxygenation in intoxication and overdoses: a systematic review. *Thorac Cardiovasc Surg* 2024;72(04):288–95.
250. Lalande E, Burwash-Brennan T, Burns K, et al. Is point-of-care ultrasound a reliable predictor of outcome during traumatic cardiac arrest? A systematic review and meta-analysis from the SHoC investigators. *Resuscitation* 2021;167:128–36. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.08.027>.
251. Liu A, Nguyen J, Ehrlich H, et al. Emergency resuscitative thoracotomy for civilian thoracic trauma in the field and emergency department settings: a systematic review and meta-analysis. *J Surg Res* 2022;273:44–55. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.11.012>.



252. Narvestad JK, Meskinfamfard M, Søreide K. Emergency resuscitative thoracotomy performed in European civilian trauma patients with blunt or penetrating injuries: a systematic review. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2016;42(6):677–85. <https://doi.org/10.1007/s00068-015-0559-z>.
253. Shi D, McLaren C, Evans C. Neurological outcomes after traumatic cardiopulmonary arrest: a systematic review. *Trauma Surg AcuteCare Open* 2021;6(1)e000817. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2021-000817>.
254. Tran A, Fernando SM, Rochweg B, et al. Pre-arrest and intra- arrest prognostic factors associated with survival following traumatic out-of-hospital cardiac arrest – A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2020;153:119–35. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.05.052>.
255. Vianen NJ, Van Lieshout EMM, Maissan IM, et al. Prehospital traumatic cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2022;48(4):3357–72. <https://doi.org/10.1007/s00068-022-01941-y>.
256. Wongtanasarasin W, Thepchinda T, Kasirawat C, Saetiao S, Leungvorawat J, Kittivorakanchai N. Treatment outcomes of epinephrine for traumatic out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *J Emerg Trauma Shock* 2021;14(4):195–200. [https://doi.org/10.4103/jets.Jets\\_35\\_21](https://doi.org/10.4103/jets.Jets_35_21).
257. Yang Z, Song Z, Hou M. Target temperature management versus normal temperature management for cardiac arrest after traumatic brain injury patient: a meta-analysis and systemic review. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2022;12(3):139–45. <https://doi.org/10.1089/ther.2022.0007>.
258. Morgan KM, Abou Khalil E, Feeney EV, et al. The efficacy of low- titer group O whole blood compared with component therapy in civilian trauma patients: a meta-analysis. *Crit Care Med* 2024;52(7): e390–404. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006244>.
259. Grasner JT, Wnent J, Herlitz J, et al. Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe - Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation* 2020;148:218–26. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.12.042>.
260. Talmy T, Greenstein I, Gendler S, et al. Survival following prehospital traumatic cardiac arrest resuscitation in the israel defense forces: a retrospective study. *Prehosp Emerg Care* 2024;28(3):438–47. <https://doi.org/10.1080/10903127.2023.2241542>.
261. Zwingmann J, Lefering R, Feucht M, Sudkamp NP, Strohm PC, Hammer T. Outcome and predictors for successful resuscitation in the emergency room of adult patients in traumatic cardiorespiratory arrest. *Crit Care* 2016;20(1):282. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1463-6>.
262. Alqudah Z, Nehme Z, Alrawashdeh A, Williams B, Oteir A, Smith K. Paediatric traumatic out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2020;149:65–73. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.01.037>.
263. Cera SM, Mostafa G, Sing RF, Sarafin JL, Matthews BD, Heniford BT. Physiologic predictors of survival in post-traumatic arrest. *Am Surg* 2003;69(2):140–4. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12641355>.
264. Chen YC, Wu KH, Hsiao KY, et al. Factors associated with outcomes in traumatic cardiac arrest patients without prehospital return of spontaneous circulation. *Injury* 2019;50(1):4–9. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.07.010>.
265. Djarv T, Axelsson C, Herlitz J, Stromsoe A, Israelsson J, Claesson A. Traumatic cardiac arrest in Sweden 1990-2016 – A population- based national cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2018;26(1):30. <https://doi.org/10.1186/s13049-018-0500-7>.
266. Israr S, Cook AD, Chapple KM, et al. Pulseless electrical activity following traumatic cardiac arrest: sign of life or death?. *Injury* 2019;50(9):1507–10. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.05.025>.
267. Obara T, Yumoto T, Bunya N, et al. Association between signs of life and survival in traumatic cardiac arrest patients: a nationwide, retrospective cohort study. *Resusc Plus* 2024;19:100701. <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2024.100701>.



268. Seamon MJ, Haut ER, Van Arendonk K, et al. An evidence-based approach to patient selection for emergency department thoracotomy: a practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg* 2015;79(1):159–73. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000648>.
269. Seewald S, Wnent J, Grasner JT, et al. Survival after traumatic cardiac arrest is possible—a comparison of German patient- registries. *BMC Emerg Med* 2022;22(1):158. <https://doi.org/10.1186/s12873-022-00714-5>.
270. Stratton SJ, Brickett K, Crammer T. Prehospital pulseless, unconscious penetrating trauma victims: field assessments associated with survival. *J Trauma* 1998;45(1):96–100. <https://doi.org/10.1097/00005373-199807000-00021>.
271. Millin MG, Galvagno SM, Khandker SR, et al. Withholding and termination of resuscitation of adult cardiopulmonary arrest secondary to trauma: resource document to the joint NAEMSP- ACSCOT position statements. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;75 (3):459–67. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31829cfaea>.
272. Leis CC, Hernandez CC, Blanco MJ, Paterna PC, Hernandez Rde E, Torres EC. Traumatic cardiac arrest: should advanced life support be initiated?. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;74(2):634–8. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31827d5d3c>.
273. Rossaint R, Afshari A, Bouillon B, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Crit Care* 2023;27(1):80. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04327-7>.
274. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, Haas NP, Buschmann CT. Trauma-related preventable deaths in Berlin 2010: need to change prehospital management strategies and trauma management education. *World J Surg* 2013;37(5):1154–61. <https://doi.org/10.1007/s00268-013-1964-2>.
275. Davis JS, Satahoo SS, Butler FK, et al. An analysis of prehospital deaths: who can we save?. *J Trauma Acute Care Surg* 2014;77 (2):213–8. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000292>.
276. Beck B, Smith K, Mercier E, et al. Potentially preventable trauma deaths: a retrospective review. *Injury* 2019;50(5):1009–16. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.03.003>.
277. Lott C, Araujo R, Cassar MR, et al. The European Trauma Course (ETC) and the team approach: past, present and future. *Resuscitation* 2009;80(10):1192–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2009.06.023>.
278. Kleber C, Giesecke MT, Lindner T, Haas NP, Buschmann CT. Requirement for a structured algorithm in cardiac arrest following major trauma: epidemiology, management errors, and preventability of traumatic deaths in Berlin. *Resuscitation* 2014;85 (3):405–10. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.11.009>.
279. Luna GK, Pavlin EG, Kirkman T, Copass MK, Rice CL. Hemodynamic effects of external cardiac massage in trauma shock. *J Trauma* 1989;29(10):1430–3. <https://doi.org/10.1097/00005373-198910000-00022>.
280. Jeffcoach DR, Gallegos JJ, Jesty SA, et al. Use of CPR in hemorrhagic shock, a dog model. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;81(1):27–33. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001001>.
281. Watts S, Smith JE, Gwyther R, Kirkman E. Closed chest compressions reduce survival in an animal model of haemorrhage-induced traumatic cardiac arrest. *Resuscitation* 2019;140:37–42. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.04.048>.
282. Endo A, Kojima M, Hong ZJ, Otomo Y, Coimbra R. Open-chest versus closed-chest cardiopulmonary resuscitation in trauma patients with signs of life upon hospital arrival: a retrospective multicenter study. *Crit Care* 2020;24(1):541. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03259-w>.
283. Ji C, Pocock H, Deakin CD, et al. Adrenaline for traumatic cardiac arrest: a post hoc analysis of the PARAMEDIC2 trial. *Resuscitation Plus* 2025;22:100890. <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2025.100890>.



284. Witt CE, Shatz DV, Robinson BRH, et al. Epinephrine in prehospital traumatic cardiac arrest-life saving or false hope?. *Prehosp Emerg Care* 2025;1–9. <https://doi.org/10.1080/10903127.2025.2461283>.
285. Weegenaar C, Perkins Z, Lockey D. Pre-hospital management of traumatic cardiac arrest 2024 position statement: faculty of prehospital care, royal college of surgeons of Edinburgh. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2024;32(1):139. <https://doi.org/10.1186/s13049-024-01304-z>.
286. Ferrada P, Garcia A, Duchesne J, et al. Comparing outcomes in patients with exsanguinating injuries: an Eastern Association for the Surgery of Trauma (EAST), multicenter, international trial evaluating prioritization of circulation over intubation (CAB over ABC). *World J Emerg Surg* 2024;19(1):15. <https://doi.org/10.1186/s13017-024-00545-8>.
287. Jamali B, Nouri S, Amidi S. Local and systemic hemostatic agents: a comprehensive review. *Cureus* 2024;16(10)e72312. <https://doi.org/10.7759/cureus.72312>.
288. Collaborators. C-, Roberts I, Shakur H, et al. The importance of early treatment with tranexamic acid in bleeding trauma patients: an exploratory analysis of the CRASH-2 randomised controlled trial. *Lancet* 2011;377(9771):1096–101, 1101 e1-2. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60278-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60278-X).
289. Bulger EM, Perina DG, Qasim Z, et al. Clinical use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in civilian trauma systems in the USA, 2019: a joint statement from the American College of Surgeons Committee on Trauma, the American College of Emergency Physicians, the National Association of Emergency Medical Services Physicians and the National Association of Emergency Medical Technicians. *Trauma Surg Acute Care Open* 2019;4(1)e000376. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2019-000376>.
290. Jansen JO, Hudson J, Cochran C, et al. Emergency department resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in trauma patients with exsanguinating hemorrhage: the UK-REBOA randomized clinical trial. *JAMA* 2023;330(19):1862–71. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.20850>.
291. Sperry JL, Guyette FX, Brown JB, et al. Prehospital plasma during air medical transport in trauma patients at risk for hemorrhagic shock. *N Engl J Med* 2018;379(4):315–26. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1802345>.
292. Guyette FX, Sperry JL, Peitzman AB, et al. Prehospital blood product and crystalloid resuscitation in the severely injured patient: a secondary analysis of the prehospital air medical plasma trial. *Ann Surg* 2021;273(2):358–64. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003324>.
293. Braverman MA, Schauer SG, Ciaraglia A, et al. The impact of prehospital whole blood on hemorrhaging trauma patients: a multi-center retrospective study. *J Trauma Acute Care Surg* 2023;95(2):191–6. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000003908>.
294. Atkinson JL. The neglected prehospital phase of head injury: apnea and catecholamine surge. *Mayo Clin Proc* 2000;75(1):37–47. <https://doi.org/10.4065/75.1.37>.
295. Wilson MH, Hinds J, Grier G, Burns B, Carley S, Davies G. Impact brain apnoea – A forgotten cause of cardiovascular collapse in trauma. *Resuscitation* 2016;105:52–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.05.007>.
296. Barnard E, Yates D, Edwards A, Fragoso-Iniguez M, Jenks T, Smith JE. Epidemiology and aetiology of traumatic cardiac arrestland and Wales – A retrospective database analysis. *Resuscitation* 2017;110:90–4. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.11.001>.
297. Houwen T, Popal Z, de Bruijn MAN, et al. Outcomes after prehospital traumatic cardiac arrest in the Netherlands: a retrospective cohort study. *Injury* 2021;52(5):1117–22. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.02.088>.
298. Hudson AJ, Strandenes G, Bjerkgvig CK, Svanevik M, Glassberg E. Airway and ventilation management strategies for hemorrhagic shock. To tube, or not to tube, that is the question!. *J Trauma Acute Care Surg* 2018;84(6S Suppl 1):S77–82. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001822>.



299. El-Sayed AA, Arafa SK, El-Demerdash AM. Pressure-controlled ventilation could decrease intraoperative blood loss and improve airway pressure measures during lumbar discectomy in the prone position: a comparison with volume-controlled ventilation mode. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2019;35(4):468–74. [https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP\\_288\\_18](https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP_288_18).
300. Pepe PE, Roppolo LP, Fowler RL. The detrimental effects of ventilation during low-blood-flow states. *Curr Opin Crit Care* 2005;11(3):212–8. <https://doi.org/10.1097/01.ccx.0000163650.80601.24>.
301. Davis JA, Manoach S, Heerd P, Berlin DA. Management of respiratory failure in hemorrhagic shock. *Ann Am Thorac Soc* 2024;21(7):993–7. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202310-905CME>.
302. Roberts DJ, Leigh-Smith S, Faris PD, et al. Clinical presentation of patients with tension pneumothorax: a systematic review. *Ann Surg* 2015;261(6):1068–78. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001073>.
303. Deakin CD, Davies G, Wilson A. Simple thoracostomy avoids chest drain insertion in prehospital trauma. *J Trauma* 1995;39(2):373–4. <https://doi.org/10.1097/00005373-199508000-00031>.
304. Escott ME, Gleisberg GR, Kimmel K, Karrer A, Cospser J, Monroe BJ. Simple thoracostomy. Moving beyond needle decompression in traumatic cardiac arrest. *JEMS* 2014;39(4):26–32. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24779096>.
305. Clemency BM, Tanski CT, Rosenberg M, May PR, Consiglio JD, Lindstrom HA. Sufficient catheter length for pneumothorax needle decompression: a meta-analysis. *Prehosp Disaster Med* 2015;30 (3):249–53. <https://doi.org/10.1017/S1049023X15004653>.
306. Hecker M, Hegenscheid K, Volzke H, et al. Needle decompression of tension pneumothorax: population-based epidemiologic approach to adequate needle length in healthy volunteers in Northeast Germany. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;80 (1):119–24. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000878>.
307. Wise D, Davies G, Coats T, Lockey D, Hyde J, Good A. Emergency thoracotomy: “how to do it”. *Emerg Med J* 2005;22(1):22–4. <https://doi.org/10.1136/emj.2003.012963>.
308. Flaris AN, Simms ER, Prat N, Reynard F, Caillot JL, Voiglio EJ. Clamshell incision versus left anterolateral thoracotomy. Which one is faster when performing a resuscitative thoracotomy? The tortoise and the hare revisited. *World J Surg* 2015;39(5):1306–11. <https://doi.org/10.1007/s00268-014-2924-1>.
309. Lee TH, Ouellet JF, Cook M, Schreiber MA, Kortbeek JB. Pericardiocentesis in trauma: a systematic review. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;75(4):543–9. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3182a1fea2>.
310. Paulich S, Lockey D. Resuscitative thoracotomy. *BJA Educ* 2020;20(7):242–8. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2020.03.005>.
311. Perkins ZB, Greenhalgh R, Ter Avest E, et al. Prehospital resuscitative thoracotomy for traumatic cardiac arrest. *JAMA Surg* 2025. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2024.7245>.
312. Cannon JW, Khan MA, Raja AS, et al. Damage control resuscitation in patients with severe traumatic hemorrhage: a practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg* 2017;82(3):605–17. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001333>.
313. Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, et al. Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: the PROPPR randomized clinical trial. *JAMA* 2015;313(5):471–82. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.12>.
314. Leibner E, Andreae M, Galvagno SM, Scalea T. Damage control resuscitation. *Clin Exp Emerg Med* 2020;7(1):5–13. <https://doi.org/10.15441/ceem.19.089>.
315. Nolan JP, Ohshimo S, Nabecker S, et al. Cardiac arrest in the Cardiac Intervention Laboratory a Scoping Review: Consensus on Science with Treatment Recommendations. [Internet] Brussels, Belgium: International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) Advanced Life Support Task Force. <http://ilcor.org>.



316. Sharma R, Bews H, Mahal H, et al. In-hospital cardiac arrest in the cardiac catheterization laboratory: effective transition from an ICU- to CCU-Led resuscitation team. *J Interv Cardiol* 2019;2019:1686350. <https://doi.org/10.1155/2019/1686350>.
317. Sprung J, Ritter MJ, Rihal CS, et al. Outcomes of cardiopulmonary resuscitation and predictors of survival in patients undergoing coronary angiography including percutaneous coronary interventions. *Anesth Analg* 2006;102(1):217–24. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000189082.54614.26>.
318. Addala S, Kahn JK, Moccia TF, et al. Outcome of ventricular fibrillation developing during percutaneous coronary interventions in 19,497 patients without cardiogenic shock. *Am J Cardiol* 2005;96 (6):764–5. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.04.057>.
319. Webb JG, Solankhi NK, Chugh SK, et al. Incidence, correlates, and outcome of cardiac arrest associated with percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol* 2002;90(11):1252–4. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(02\)02846-1](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(02)02846-1).
320. Huang JL, Ting CT, Chen YT, Chen SA. Mechanisms of ventricular fibrillation during coronary angioplasty: increased incidence for the small orifice caliber of the right coronary artery. *Int J Cardiol* 2002;82(3):221–8. [https://doi.org/10.1016/s0167-5273\(01\)00596-4](https://doi.org/10.1016/s0167-5273(01)00596-4).
321. Mehta RH, Harjai KJ, Grines L, et al. Sustained ventricular tachycardia or fibrillation in the cardiac catheterization laboratory among patients receiving primary percutaneous coronary intervention: incidence, predictors, and outcomes. *J Am Coll Cardiol* 2004;43(10):1765–72. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2003.09.072>.
322. Mehta RH, Starr AZ, Lopes RD, et al. Incidence of and outcomes associated with ventricular tachycardia or fibrillation in patients undergoing primary percutaneous coronary intervention. *JAMA* 2009;301(17):1779–89. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.600>.
323. Henriques JP, Gheeraert PJ, Ottervanger JP, et al. Ventricular fibrillation in acute myocardial infarction before and during primary PCI. *Int J Cardiol* 2005;105(3):262–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2004.12.044>.
324. Giglioli C, Margheri M, Valente S, et al. Timing, setting and incidence of cardiovascular complications in patients with acute myocardial infarction submitted to primary percutaneous coronary intervention. *Can J Cardiol* 2006;22(12):1047–52. [https://doi.org/10.1016/s0828-282x\(06\)70320-8](https://doi.org/10.1016/s0828-282x(06)70320-8).
325. Demidova MM, Carlson J, Erlinge D, Platonov PG. Predictors of ventricular fibrillation at reperfusion in patients with acute ST- elevation myocardial infarction treated by primary percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol* 2015;115(4):417–22. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2014.11.025>.
326. Elkaryoni A, Tran AT, Saad M, et al. Patient characteristics and survival outcomes of cardiac arrest in the cardiac catheterization laboratory: insights from get with the Guidelines(R)-Resuscitation registry. *Resuscitation* 2022;180:121–7. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.08.002>.
327. Al-Mukhtar O, Bilgrami I, Noaman S, et al. Cardiac arrest in the cardiac catheterization laboratory: initial experience with the role of simulation setup and training. *Am J Med Qual* 2021;36(4):238–46. <https://doi.org/10.1177/1062860620950805>.
328. Doorey AJ, Turi ZG, Lazzara EH, et al. Safety gaps in medical team communication: closing the loop on quality improvement efforts in the cardiac catheterization lab. *Catheter Cardiovasc Interv* 2022;99 (7):1953–62. <https://doi.org/10.1002/ccd.30189>.
329. Lindsay AC, Bishop J, Harron K, Davies S, Haxby E. Use of a safe procedure checklist in the cardiac catheterisation laboratory. *BMJ Open Qual* 2018;7(3)e000074. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-000074>.
330. Agricola E, Meucci F, Ancona F, Pardo Sanz A, Zamorano JL. Echocardiographic guidance in transcatheter structural cardiac interventions. *EuroIntervention* 2022;17(15):1205–26. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-21-00582>.



331. Dunning J, Archbold A, de Bono JP, et al. Joint British Societies' guideline on management of cardiac arrest in the cardiac catheter laboratory. *Heart* 2022;108(12):e3.
332. Reynolds JC, Nicholson TC, O'Neil BJ, et al. Diagnostic test accuracy with point-of-care ultrasound during cardiopulmonary resuscitation to indicate the etiology of cardiac arrest: consensus on science with treatment recommendations. [Internet] Brussels, Belgium: International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) Advance Life Support Task Force. <http://ilcor.org>.
333. Mazzeffi M, Zaaqoq A, Curley J, et al. Survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation based on in-hospital cardiac arrest and cannulation location: an analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Crit Care Med* 2024;52(12):1906–17. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006439>.
334. ILCOR CoSTR. <https://costr.ilcor.org/>.
335. WHO. Global status report on drowning prevention 2024. World Health Organization; 2024.
336. Peden AE, Daw S, Lawes JC. Preliminary evaluation of the impact of mandatory life jacket laws at declared high-risk rock platforms on unintentional rock fishing drowning deaths. *Inj Prev* 2022;28 (6):560–3. <https://doi.org/10.1136/ip-2022-044724>.
337. De Buck E, Vanhove ACOD, Veys K, Lang E, Vandekerckhove P. Day care as a strategy for drowning prevention in children under 6 years of age in low- and middle-income countries. *Cochrane Database Syst Rev* 2021;4(4)CD014955. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD014955>.
338. Bierens J, Hoogenboezem J. Fatal drowning statistics from the Netherlands - an example of an aggregated demographic profile. *BMC Public Health* 2022;22(1):339. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-12620-3>.
339. Queiroga AC, Seabra R, Franklin RC, Peden AE. Trends in drowning mortality in Portugal from 1992 to 2019: comparing Global Burden of Disease and national data. *Inj Prev* 2022;28(4):318–24. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2021-044415>.
340. Peden AE, Passmore J, Queiroga AC, Sweeney R, Jagnoor J. Closing the gap for drowning prevention across Europe. *Lancet Public Health* 2022;7(9):e728–9. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(22\)00193-1](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(22)00193-1).
341. Koon W, Clemens T, Bierens J, Quan L. Studying outcome predictors of drowning at the scene: why do we have so few answers?. *Am J Emerg Med* 2021;46:361–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.10.011>.
342. Bierens J, Abelairas-Gomez C, Barcala Furelos R, et al. Resuscitation and emergency care in drowning: a scoping review. *Resuscitation* 2021;162:205–17. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.01.033>.
343. Wyckoff MH, Singletary EM, Soar J, et al. 2021 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations: summary from the basic life support; Advanced life support; Neonatal life support; Education, implementation, and teams; First aid task forces; and the COVID-19 working group. *Resuscitation* 2022;169:229–311. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.10.040>.
344. International Life Saving Federation. <https://www.ilsf.org/>.
345. van Beeck EF, Branche CM, Szpilman D, Modell JH, Bierens JJ. A new definition of drowning: towards documentation and prevention of a global public health problem. *Bull World Health Organ* 2005;83 (11):853–6. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16302042>.
346. Abelairas-Gomez C, Tipton MJ, Gonzalez-Salvado V, Bierens J. Drowning: epidemiology, prevention, pathophysiology, resuscitation, and hospital treatment. *Emergencias* 2019;31 (4):270–80. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31347808>.
347. Bierens JJ, Lunetta P, Tipton M, Warner DS. Physiology of drowning: a review. *Physiology (Bethesda)* 2016;31(2):147–66. <https://doi.org/10.1152/physiol.00002.2015>.



348. Quan L, Bierens JJ, Lis R, Rowhani-Rahbar A, Morley P, Perkins GD. Predicting outcome of drowning at the scene: a systematic review and meta-analyses. *Resuscitation* 2016;104:63–75. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.04.006>.
349. Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD, et al. Adult basic life support: 2020 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A35–79. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.010>.
350. Berger S, Siekmeyer M, Petzold-Quinque S, Kiess W, Merckenschlager A. Drowning and nonfatal drowning in children and adolescents: a subsequent retrospective data analysis. *Children (Basel)* 2024;11(4). <https://doi.org/10.3390/children11040439>.
351. Reizine F, Michelet P, Delbove A, et al. Development and validation of a clinico-biological score to predict outcomes in patients with drowning-associated cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 2024;81:69–74. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2024.04.032>.
352. Shattock MJ, Tipton MJ. 'Autonomic conflict': a different way to die during cold water immersion?. *J Physiol* 2012;590(14):3219–30. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.229864>.
353. Tipton MJ, Collier N, Massey H, Corbett J, Harper M. Cold water immersion: kill or cure?. *Exp Physiol* 2017;102(11):1335–55. <https://doi.org/10.1113/EP086283>.
354. Tipton MJ, Golden FS. A proposed decision-making guide for the search, rescue and resuscitation of submersion (head under) victims based on expert opinion. *Resuscitation* 2011;82(7):819–24. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2011.02.021>.
355. Romlin BS, Winberg H, Janson M, et al. Excellent outcome with extracorporeal membrane oxygenation after accidental profound hypothermia (13.8 degrees C) and drowning. *Crit Care Med* 2015;43(11):e521–5. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001283>.
356. Barcala-Furelos R, Graham D, Abelairas-Gomez C, Rodriguez- Nunez A. Lay-rescuers in drowning incidents: a scoping review. *Am J Emerg Med* 2021;44:38–44. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2021.01.069>.
357. ILS. Medical position statement - MPS 20. Ability to perform CPR post rescue. International Life Saving Federation. <https://medical.ilsf.org/ability-to-perform-cpr-post-rescue/>.
358. Claesson A, Karlsson T, Thoren AB, Herlitz J. Delay and performance of cardiopulmonary resuscitation in surf lifeguards after simulated cardiac arrest due to drowning. *Am J Emerg Med* 2011;29(9):1044–50. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2010.06.026>.
359. Abelairas-Gomez C, Romo-Perez V, Barcala-Furelos R, Palacios- Aguilar J. Effect of lifeguard fatigue on the first 4 minutes of cardiopulmonary resuscitation after water rescue. *Emergencias* 2013;25(3):184–90 [In Spanish] (<Go to ISI>:// WOS:000320143900005).
360. Thom O, Roberts K, Leggat PA, Devine S, Peden AE, Franklin R. Cervical spine immobilisation is only required in drowning patients at high risk of axial loading of the spine. *Emerg Med Australas* 2023;35(1):18–24. <https://doi.org/10.1111/1742-6723.14036>.
361. Breindahl N, Bierens JLM, Wiberg S, Barcala-Furelos R, Maschmann C. Prehospital guidelines on in-water traumatic spinal injuries for lifeguards and prehospital emergency medical services: an international Delphi consensus study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2024;32(1):76. <https://doi.org/10.1186/s13049-024- 01249-3>.
362. Bierens J, Bray J, Abelairas-Gomez C, et al. A systematic review of interventions for resuscitation following drowning. *Resusc Plus* 2023;14:100406. <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2023.100406>.
363. Kaneto Y, Owada H, Kamikura T, Nakashima K, Ushimoto T, Inaba H. Advantages of bystander-performed conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest presumably caused by drowning in Japan:



- a propensity score- matching analysis using an extended nationwide database. *BMJ Open* 2024;14(5)e080579. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-080579>.
364. Tobin JM, Ramos WD, Greenshields J, et al. Outcome of conventional bystander cardiopulmonary resuscitation in cardiac arrest following drowning. *Prehosp Disaster Med* 2020;35(2):141–7. <https://doi.org/10.1017/S1049023X20000060>.
365. Berg KM, Bray JE, Ng KC, et al. 2023 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations: summary from the basic life support; Advanced life support; Pediatric life support; Neonatal life support; Education, implementation, and teams; and first aid task forces. *Resuscitation* 2024;195:109992. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109992>.
366. Messelink DM, van der Ploeg GJ, van der Linden T, Flameling RD, Bierens J. Medical emergencies at sea: an analysis of ambulance- supported and autonomously performed operations by lifeboat crews. *BMC Emerg Med* 2023;23(1):108. <https://doi.org/10.1186/s12873-023-00879-7>.
367. Seesink J, Nieuwenburg SAV, van der Linden T, Bierens J. Circumstances, outcome and quality of cardiopulmonary resuscitation by lifeboat crews; why not always use an AED?. *Resuscitation* 2022;176:53–4. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.05.011>.
368. Dezfulian C, McCallin TE, Bierens J, et al. 2024 American heart association and american academy of pediatrics focused update on special circumstances: resuscitation following drowning: an update to the american heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 2024;150(23):e501–16. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001274>.
369. Yao Y, DiNenna MA, Chen L, Jin S, He S, He J. Hypothesized mechanisms of death in swimming: a systematic review. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2024;16(1):6. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00799-w>.
370. Thom O, Roberts K, Devine S, Leggat PA, Franklin RC. Impact of lifeguard oxygen therapy on the resuscitation of drowning victims: results from an utstein style for drowning study. *Emerg Med Australas* 2024;36(6):841–8. <https://doi.org/10.1111/1742-6723.14454>.
371. Yoshimura S, Kiguchi T, Nishioka N, et al. Association of pre- hospital tracheal intubation with outcomes after out-of-hospital cardiac arrest by drowning comparing to supraglottic airway device: a nationwide propensity score-matched cohort study. *Resuscitation* 2024;197::110129. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2024.110129>.
372. Topjian AA, Berg RA, Bierens JJ, et al. Brain resuscitation in the drowning victim. *Neurocrit Care* 2012;17(3):441–67. <https://doi.org/10.1007/s12028-012-9747-4>.
373. Bitzer K, Breindahl N, Kelly B, et al. The role of accidental hypothermia in drowning patients with out-of-hospital cardiac arrest: a nationwide registry-based cohort study. *Resuscitation* 2025;207::110486. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2024.110486>.
374. Tipton M. Cold water immersion. In: Tipton M, Wooler A, editors. *The Science of Beach Lifeguarding*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group; 2016. p. 87–98.
375. Nolan JP, Armstrong RA, Kane AD, et al. Advanced life support interventions during intra-operative cardiac arrest among adults as reported to the 7th national audit project of the royal college of anaesthetists. *Anaesthesia* 2024;79(9):914–23. <https://doi.org/10.1111/anae.16310>.
376. Penketh J, Nolan JP. Intra-operative cardiac arrest – We need to do better. *Anaesthesia* 2025;80(1):3–8. <https://doi.org/10.1111/anae.16487>.
377. Sunborger M, Jakobsson JG. Peri-operative cardiac arrests in Sweden 2013-2022: data analysis of incidence and trends. *Anaesthesia* 2024;79(10):1128–9. <https://doi.org/10.1111/anae.16396>.



378. Morais AC, Braz JRC, Soares JVA, et al. Eighteen-year trends in the rates of intra-operative cardiac arrest and associated mortality at a public university hospital in Brazil. *Anaesthesia* 2025;80 (1):18–28. <https://doi.org/10.1111/anae.16450>.
379. Moppett IK, Kane AD, Armstrong RA, Kursumovic E, Soar J, Cook TM. Peri-operative cardiac arrest in the older frail patient as reported to the 7th national audit project of the royal college of anaesthetists. *Anaesthesia* 2024;79(8):810–20. <https://doi.org/10.1111/anae.16267>.
380. Tiradentes TAA, Einav S, Braz JRC, et al. Global anaesthesia-related cardiac arrest rates in children: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 2023;131(5):901–13. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2023.08.023>.
381. Armstrong RA, Soar J, Kane AD, et al. Peri-operative cardiac arrest: epidemiology and clinical features of patients analysed in the 7th national audit project of the royal college of anaesthetists. *Anaesthesia* 2024;79(1):18–30. <https://doi.org/10.1111/anae.16156>.
382. Moitra VK, Einav S, Thies KC, et al. Cardiac arrest in the operating room: resuscitation and management for the anesthesiologist: part 1. *Anesth Analg* 2018;126(3):876–88. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000002596>.
383. Aziz S, Barratt J, Starr Z, et al. The association between intra-arrest arterial blood pressure and return of spontaneous circulation in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2024;205::110426. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2024.110426>.
384. Harper NJN, Nolan JP, Soar J, Cook TM. Why chest compressions should start when systolic arterial blood pressure is below 50 mm Hg in the anaesthetised patient. *Br J Anaesth* 2020;124(3):234–8. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.11.005>.
385. Morgan RW, Reeder RW, Bender D, et al. Associations between end-tidal carbon dioxide during pediatric cardiopulmonary resuscitation, cardiopulmonary resuscitation quality, and survival. *Circulation* 2024;149(5):367–78. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.123.066659>.
386. Sheak KR, Wiebe DJ, Leary M, et al. Quantitative relationship between end-tidal carbon dioxide and CPR quality during both in-hospital and out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2015;89:149–54. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.01.026>.
387. Skulec R, Vojtisek P, Cerny V. Correlation between end-tidal carbon dioxide and the degree of compression of heart cavities measured by transthoracic echocardiography during cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care* 2019;23(1):334. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2607-2>.
388. Soar J. Epinephrine for cardiac arrest: knowns, unknowns and controversies. *Curr Opin Crit Care* 2020;26(6):590–5. <https://doi.org/10.1097/mcc.0000000000000763>.
389. Hinkelbein J, Andres J, Böttiger BW, et al. Cardiac arrest in the perioperative period: a consensus guideline for identification, treatment, and prevention from the European society of anaesthesiology and intensive care and the european society for trauma and emergency surgery. *Eur J Anaesthesiol* 2023;40 (10):724–36. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000001813>.
390. Hernández-Tejedor A, González Puebla V, Corral Torres E, Benito Sánchez A, Pinilla López R, Galán Calategui MD. Ventilatory improvement with mechanical ventilator versus bag in non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest: SYMEVECA study, phase 1. *Resuscitation* 2023;192:109965. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109965>.
391. Malinverni S, Wilmin S, de Longueville D, et al. A retrospective comparison of mechanical cardio-pulmonary ventilation and manual bag valve ventilation in non-traumatic out-of-hospital cardiac arrests: a study from the Belgian cardiac arrest registry. *Resuscitation* 2024;199::110203. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2024.110203>.
392. Orso D, Vetrugno L, Federici N, et al. Mechanical ventilation management during mechanical chest compressions. *Respir Care* 2021;66(2):334–46. <https://doi.org/10.4187/respcare.07775>.



393. Tangpaisarn T, Tosibphanom J, Sata R, Kotruchin P, Drumheller B, Phungoen P. The effects of mechanical versus bag-valve ventilation on gas exchange during cardiopulmonary resuscitation in emergency department patients: a randomized controlled trial (CPR-VENT). *Resuscitation* 2023;193:109966. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109966>.
394. Anez C, Becerra-Bolan˜os A´, Vives-Lopez A, Rodr´ıguez-Pe´rez A. Cardiopulmonary resuscitation in the prone position in the operating room or in the intensive care unit: a systematic review. *Anesth Analg* 2021;132(2):285–92. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000005289>.
395. Berg K, Hsu CH, Considine J, et al. Cardiopulmonary Resuscitation and Defibrillation for Cardiac Arrest when Patients are in the Prone Position Consensus on Science with Treatment Recommendations [Internet] Brussels, Belgium: International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) Advanced Life Support and Basic Life Task Forces. <https://costr.ilcor.org/document/prone-cpr-als-systematic-review>.
396. Malik N, Claus PL, Illman JE, et al. Air embolism: diagnosis and management. *Future Cardiol* 2017;13(4):365–78. <https://doi.org/10.2217/fca-2017-0015>.
397. Marsh PL, Moore EE, Moore HB, et al. Iatrogenic air embolism: pathoanatomy, thromboinflammation, endotheliopathy, and therapies. *Front Immunol* 2023;14:1230049. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1230049>.
398. Rahman ZU, Murtaza G, Pourmorteza M, et al. Cardiac arrest as a consequence of air embolism: a case report and literature review. *Case Rep Med* 2016;2016:8236845. <https://doi.org/10.1155/2016/8236845>.
399. Castellini G, Gianola S, Biffi A, et al. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in patients with major trauma and uncontrolled haemorrhagic shock: a systematic review with meta-analysis. *World J Emerg Surg* 2021;16(1):41. <https://doi.org/10.1186/s13017-021-00386-9>.
400. Ye Y, Li J, Liu S, et al. Efficacy of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for hemorrhage control in patients with abnormally invasive placenta: a historical cohort study. *BMC Pregnancy Childbirth* 2023;23(1):333. <https://doi.org/10.1186/s12884-023-05649-8>.
401. Chan PS, Greif R, Anderson T, et al. Ten steps toward improving in-hospital cardiac arrest quality of care and outcomes. *Resuscitation* 2023;193:109996. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109996>.
402. Farquharson B, Cortegiani A, Lauridsen KG, Yeung J, Greif R, Nabecker S. Teaching team competencies within resuscitation training: a systematic review. *Resusc Plus* 2024;19:100687. <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2024.100687>.
403. Nabecker S, Nation K, Gilfoyle E, et al. Cognitive aids used in simulated resuscitation: a systematic review. *Resusc Plus* 2024;19:100675. <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2024.100675>.
404. Nolan JP, Sandroni C, Cariou A, et al. European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine Guidelines 2025: Post-resuscitation Care. *Resuscitation* 2025;215 (Suppl 1):110809.
405. Waldinger R, Weinberg G, Gitman M. Local anesthetic toxicity in the geriatric population. *Drugs Aging* 2020;37(1):1–9. <https://doi.org/10.1007/s40266-019-00718-0>.
406. Wolfe JW, Butterworth JF. Local anesthetic systemic toxicity: update on mechanisms and treatment. *Curr Opin Anaesthesiol* 2011;24(5):561–6. <https://doi.org/10.1097/ACO.0b013e32834a9394>.
407. Cao D, Heard K, Foran M, Koyfman A. Intravenous lipid emulsion in the emergency department: a systematic review of recent literature. *J Emerg Med* 2015;48(3):387–97. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2014.10.009>.
408. Macfarlane AJR, Gitman M, Bornstein KJ, El-Boghdady K, Weinberg G. Updates in our understanding of local anaesthetic systemic toxicity: a narrative review. *Anaesthesia* 2021;76 (Suppl 1):27–39. <https://doi.org/10.1111/anae.15282>.
409. Neal JM, Neal EJ, Weinberg GL. American society of regional anesthesia and pain medicine local anesthetic systemic toxicity checklist: 2020 version. *Reg Anesth Pain Med* 2021;46(1):81–2.



<https://doi.org/10.1136/rapm-2020-101986>.

410. Ozcan MS, Weinberg G. Intravenous lipid emulsion for the treatment of drug toxicity. *J Intensive Care Med* 2014;29(2):59–70. <https://doi.org/10.1177/0885066612445978>.

411. Hayes BD, Gosselin S, Calello DP, et al. Systematic review of clinical adverse events reported after acute intravenous lipid emulsion administration. *Clin Toxicol (Phila)* 2016;54(5):365–404. <https://doi.org/10.3109/15563650.2016.1151528>.

412. Neal JM, Woodward CM, Harrison TK. The American society of regional anesthesia and pain medicine checklist for managing local anesthetic systemic toxicity: 2017 version. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43(2):150–3. <https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000726>.

413. de Queiroz SM, Chassard D, Musard H, et al. Resuscitation with lipid, epinephrine, or both in levobupivacaine-induced cardiac toxicity in newborn piglets. *Br J Anaesth* 2014;112(4):729–34. <https://doi.org/10.1093/bja/aet327>.

414. Harvey M, Cave G. Bupivacaine-induced cardiac arrest: fat is good—is epinephrine really bad?. *Anesthesiology* 2009;111 (3):467–9. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181afe083>.

415. Harvey M, Cave G, Prince G, Lahner D. Epinephrine injection in lipid-based resuscitation from bupivacaine-induced cardiac arrest: transient circulatory return in rabbits. *Anesth Analg* 2010;111 (3):791–6. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181e66050>.

416. Hiller David B, Gregorio Guido D, Ripper R, et al. Epinephrine impairs lipid resuscitation from bupivacaine overdose: a threshold effect. *Anesthesiology* 2009;111(3):498–505. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181afde0a>.

417. Adam Z, Adam S, Everngam RL, et al. Resuscitation after cardiac surgery: results of an international survey. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;36(1):29–34. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.02.050>.

418. Gupta P, Rettiganti M, Jeffries HE, et al. Risk factors and outcomes of in-hospital cardiac arrest following pediatric heart operations of varying complexity. *Resuscitation* 2016;105:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.04.022>.

419. Kim KM, Arghami A, Habib R, et al. The society of thoracic surgeons adult cardiac surgery database: 2022 update on outcomes and research. *Ann Thorac Surg* 2023;115(3):566–74. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2022.12.033>.

420. LaPar DJ, Ghanta RK, Kern JA, et al. Hospital variation in mortality from cardiac arrest after cardiac surgery: an opportunity for improvement?. *Ann Thorac Surg* 2014;98(2):534–9. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.03.030>. discussion 539–40 [In eng].

421. Vakil K, Kealhofer JV, Alraies MC, et al. Long-term outcomes of patients who had cardiac arrest after cardiac operations. *Ann Thorac Surg* 2016;102(2):512–7. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.01.092>.

422. Clark SC, Dunning J, Alfieri OR, et al. EACTS guidelines for the use of patient safety checklists. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012;41 (5):993–1004. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezs009>.

423. Dunning J, Fabbri A, Kolh PH, et al. Guideline for resuscitation in cardiac arrest after cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;36(1):3–28. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.01.033>.

424. Surgery SoTSTFoRAC. The Society of Thoracic Surgeons Expert Consensus for the Resuscitation of Patients Who Arrest After Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg* 2017;103(3):1005-1020. (In eng). <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.10.033>.

425. Akhtar W, Baston VR, Berman M, et al. British societies guideline on the management of emergencies in implantable left ventricular assist device recipients in transplant centres. *Intensive Care Med* 2024;50(4):493–501. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07382-y>.



426. Moskowitz A, Pocock H, Lagina A, Ng KC, Scholefield BR, Zelop CM, Bray J, Rossano J, Johnson NJ, Dunning J, Olasveengen T, Raymond T, Morales DLS, Carlese A, Elias M, Berg KM, Drennan I; ILCOR Advanced Life Support, Basical Life Support, and Pediatric Life Support Task Forces. Resuscitation of patients with durable mechanical circulatory support with acutely altered perfusion or cardiac arrest: A scoping review. *Resuscitation*. 2024 Oct;203:110389. doi: 10.1016/j.resuscitation.2024.110389. Epub 2024 Sep 7. PMID: 39245405; PMCID: PMC11466699.
427. Dunning J, Nandi J, Ariffin S, Jerstice J, Danitsch D, Levine A. The cardiac surgery advanced life support course (CALs): delivering significant improvements in emergency cardiothoracic care. *Ann Thorac Surg* 2006;81(5):1767–72. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.12.012>.
428. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med* 2009;360(5):491–9. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa0810119>.
429. Brand J, McDonald A, Dunning J. Management of cardiac arrest following cardiac surgery. *BJA Educ* 2018;18(1):16–22. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2017.11.002>.
430. Lomivorotov VV, Efremov SM, Kirov MY, Fominskiy EV, Karaskov AM. Low-cardiac-output syndrome after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2017;31(1):291–308. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2016.05.029>.
431. Pagano D, Milojevic M, Meesters MI, et al. 2017 EACTS/EACTA guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018;53(1):79–111. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezx325>.
432. Flachskampf FA, Wouters PF, Edvardsen T, et al. Recommendations for transoesophageal echocardiography: EACVI update 2014. *Eur Heart J Cardiovasc. Imaging* 2014;15(4):353–65. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu015>.
433. Teran F, Prats MI, Nelson BP, et al. Focused transesophageal echocardiography during cardiac arrest resuscitation: JACC review topic of the week. *J Am Coll Cardiol* 2020;76(6):745–54. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.05.074>.
434. Peretto G, Durante A, Limite LR, Cianflone D. Postoperative arrhythmias after cardiac surgery: incidence, risk factors, and therapeutic management. *Cardiol Res Pract* 2014;2014:615987. <https://doi.org/10.1155/2014/615987>.
435. Lockowandt U, Levine A, Strang T, Dunning J. If a patient arrests after cardiac surgery is it acceptable to delay cardiopulmonary resuscitation until you have attempted either defibrillation or pacing?. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2008;7(5):878–85. <https://doi.org/10.1510/icvts.2008.182980>.
436. Richardson L, Dissanayake A, Dunning J. What cardioversion protocol for ventricular fibrillation should be followed for patients who arrest shortly post-cardiac surgery?. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2007;6(6):799–805. <https://doi.org/10.1510/icvts.2007.163899>.
437. International Liaison Committee on Resuscitation. 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Part 4: Advanced life support. *Resuscitation* 2005;67(2-3):213-47. (In eng). <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2005.09.018>.
438. Twomey D, Das M, Subramanian H, Dunning J. Is internal massage superior to external massage for patients suffering a cardiac arrest after cardiac surgery?. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2008;7(1):151–6. <https://doi.org/10.1510/icvts.2007.170399>.
439. Soar J, Donnino MW, Maconochie I, et al. 2018 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations summary. *Resuscitation* 2018;133:194–206. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.10.017>.
440. Anderson KL, Castaneda MG, Boudreau SM, Sharon DJ, Bebart VS. Left ventricular compressions improve hemodynamics in a swine model of out-of-hospital cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care* 2017;21(2):272–80. <https://doi.org/10.1080/10903127.2016.1241328>.



441. Fair 3rd J, Mallin MP, Adler A, et al. Transesophageal echocardiography during cardiopulmonary resuscitation is associated with shorter compression pauses compared with transthoracic echocardiography. *Ann Emerg Med* 2019;73 (6):610–6. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2019.01.018>.
442. Gottlieb M, Alerhand S. Managing cardiac arrest using ultrasound. *Annals of Emergency Medicine* 2023;81(5):532–42. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2022.09.016>.
443. Hussein L, Rehman MA, Jelic T, et al. Transoesophageal echocardiography in cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation* 2021;168:167–75. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.08.001>.
444. Hwang SO, Jung WJ, Roh YI, Cha KC. Intra-arrest transesophageal echocardiography during cardiopulmonary resuscitation. *Clin Exp Emerg Med* 2022;9(4):271–80. <https://doi.org/10.15441/ceem.22.399>.
445. Long B, Alerhand S, Maliel K, Koyfman A. Echocardiography in cardiac arrest: an emergency medicine review. *Am J Emerg Med* 2018;36(3):488–93. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2017.12.031>.
446. Riendeau Beaulac G, Teran F, Lecluyse V, et al. Transesophageal echocardiography in patients in cardiac arrest: the heart and beyond. *Can J Cardiol* 2023;39(4):458–73. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.12.027>.
447. Teran F, Dean AJ, Centeno C, et al. Evaluation of out-of-hospital cardiac arrest using transesophageal echocardiography in the emergency department. *Resuscitation* 2019;137:140–7. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.02.013>.
448. Hwang SO, Zhao PG, Choi HJ, et al. Compression of the left ventricular outflow tract during cardiopulmonary resuscitation. *Acad Emerg Med* 2009;16(10):928–33. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2009.00497.x>.
449. Prager R, Bowdridge J, Pratte M, Cheng J, McInnes MD, Indications AR. Clinical impact, and complications of critical care transesophageal echocardiography: a scoping review. *J Intensive Care Med* 2023;38(3):245–72. <https://doi.org/10.1177/08850666221115348>.
450. Charalambous CP, Zipitis CS, Keenan DJ. Chest reexploration in the intensive care unit after cardiac surgery: a safe alternative to returning to the operating theater. *Ann Thorac Surg* 2006;81 (1):191–4. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.06.024>.
451. Mackay JH, Powell SJ, Osgathorp J, Rozario CJ. Six-year prospective audit of chest reopening after cardiac arrest. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;22(3):421–5. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(02\)00294-4](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00294-4).
452. Dogan EM, Dogan EA, Nilsson KF, Edström M. Intra-aortic balloon pump synchronized with chest compressions improves outcome during cardiopulmonary resuscitation in experimental cardiac arrest. *Resuscitation* 2024;205::110433. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2024.110433>.
453. Zhao Y, Xing J, Du Z, Liu F, Jia M, Hou X. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for adult patients who underwent post-cardiac surgery. *Eur J Med Res* 2015;20:83. <https://doi.org/10.1186/s40001-015-0179-4>.
454. Franklin BA, Thompson PD, Al-Zaiti SS, et al. Exercise-related acute cardiovascular events and potential deleterious adaptations following long-term exercise training: placing the risks into perspective—an update: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2020;141(13):e705–36. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000749>.
455. Marijon E, Bougouin W, Karam N, et al. Survival from sports-related sudden cardiac arrest: in sports facilities versus outside of sports facilities. *Am Heart J* 2015;170(2):339–345.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2015.03.022>.
456. Ackerman M, Atkins DL, Triedman JK. Sudden cardiac death in the young. *Circulation* 2016;133(10):1006–26. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.115.020254>.
457. Finocchiaro G, Papadakis M, Robertus JL, et al. Etiology of sudden death in sports: insights from a United Kingdom regional registry. *J Am Coll Cardiol* 2016;67(18):2108–15. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.02.062>.



458. Malhotra A, Dhutia H, Finocchiaro G, et al. Outcomes of cardiac screening in adolescent soccer players. *N Engl J Med* 2018;379 (6):524–34. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1714719>.
459. Maron BJ, Haas TS, Doerer JJ, Thompson PD, Hodges JS. Comparison of U.S. and Italian experiences with sudden cardiac deaths in young competitive athletes and implications for preparticipation screening strategies. *Am J Cardiol* 2009;104 (2):276–80. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.03.037>.
460. Bohm P, Scharhag J, Meyer T. Data from a nationwide registry on sports-related sudden cardiac deaths in Germany. *Eur. J Prev Cardiol* 2016;23(6):649–56. <https://doi.org/10.1177/2047487315594087>.
461. Bohm P, Scharhag J, Egger F, et al. Sports-Related Sudden Cardiac Arrest in Germany. *Can J Cardiol* 2021;37(1):105–12. <https://doi.org/10.1177/2047487315594087>. doi: 10.1016/j. cjca.2020.03.021 [In eng].
462. Egger F, Scharhag J, Kařstner A, Dvorřk J, Bohm P, Meyer T. FIFA Sudden Death Registry (FIFA-SDR): a prospective, observational study of sudden death in worldwide football from 2014 to 2018. *Br J Sports Med* 2022;56(2):80–7. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102368>.
463. Landry CH, Allan KS, Connelly KA, Cunningham K, Morrison LJ, Dorian P. Sudden cardiac arrest during participation in competitive sports. *N Engl J Med* 2017;377(20):1943–53. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1615710>.
464. Drezner JA, Toresdahl BG, Rao AL, Huszti E, Harmon KG. Outcomes from sudden cardiac arrest in US high schools: a 2-year prospective study from the national registry for AED use in sports. *Br J Sports Med* 2013;47(18):1179–83. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092786>.
465. Smith CM, Moore F, Drezner JA, et al. Resuscitation on the field of play: a best-practice guideline from resuscitation council UK. *Br J Sports Med* 2024;58(19):1098–106. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108440>.
466. Lott C, Bahtijarevic Z, Klomp P, et al. Increasing CPR awareness in Europe through EURO 2024: lessons from “Get trained save lives”. Outcomes of cardiac screening in adolescent soccer players. *Resuscitation* 2025;208(6):110532. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2025.110532>.
467. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J* 2021;42(1):17–96. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605>.
468. Maron BJ, Zipes DP, Kovacs RJ. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: preamble, principles, and general considerations: a scientific statement from the american heart association and american college of cardiology. *J Am Coll Cardiol* 2015;66 (21):2343–9. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.09.032>.
469. Mont L, Pelliccia A, Sharma S, et al. Pre-participation cardiovascular evaluation for athletic participants to prevent sudden death: Position paper from the EHRA and the EACPR, branches of the ESC. Endorsed by APHRS, HRS, and SOLAECE. *Eur. J Prev Cardiol* 2017;24(1):41–69. <https://doi.org/10.1177/2047487316676042>.
470. Kim JH, Martinez MW, Gusch JS, et al. A contemporary review of sudden cardiac arrest and death in competitive and recreational athletes. *Lancet* 2024;404(10468):2209–22. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(24\)02086-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(24)02086-5).
471. Armstrong M, Paternostro-Bayles M, Conroy MB, et al. Preparticipation screening prior to physical activity in community lifestyle interventions. Data from a nationwide registry on sports-related sudden cardiac deaths in Germany. *Transl J Am Coll Sports Med* 2018;3(22):176–80. <https://doi.org/10.1249/tjx.0000000000000073>. DOI: [10.1177/2047487315594087](https://doi.org/10.1177/2047487315594087).
472. Link MS, Wang PJ, Pandian NG, et al. An experimental model of sudden death due to low-energy chest-wall impact (commotio cordis). *N Engl J Med* 1998;338(25):1805–11. <https://doi.org/10.1056/nejm199806183382504>.
473. Maron BJ, Gohman TE, Kyle SB, Estes 3rd NA, Link MS. Clinical profile and spectrum of commotio cordis. *Jama* 2002;287 (9):1142–6. <https://doi.org/10.1001/jama.287.9.1142>.



474. Shore E, Moseley GA, DeLong R, et al. Incidents and patterns of commotio cordis among athletes in the USA from 1982 to 2023. Resuscitation on the field of play: a best-practice guideline from resuscitation council UK. *Inj Prev* 2024;58(19):1098–106. <https://doi.org/10.1136/ip-2024-045374>. doi: 10.1136/bjsports-2024-108440 [In eng].
475. Peng T, Derry LT, Yogeswaran V, Goldschlager NF. Commotio Cordis in 2023. *Sports Med* 2023;53(8):1527–36. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01873-6>.
476. Maron BJ, Haas TS, Ahluwalia A, Garberich RF, Estes NA. 3rd, Link MS. Increasing survival rate from commotio cordis. *Heart Rhythm* 2013;10(2):219–23. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2012.10.034>.
477. Okorare O, Alugba G, Olusiji S, et al. Sudden cardiac death: an update on commotio cordis. *Cureus* 2023;15(4)e38087. <https://doi.org/10.7759/cureus.38087>.
478. Dickey GJ, Bian K, Khan HR, Mao H. Developing commotio cordis injury metrics for baseball safety: unravelling the connection between chest force and rib deformation to left ventricle strain and pressure. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2022;25 (3):247–56. <https://doi.org/10.1080/10255842.2021.1948022>.
479. Dickey GJ, Bian K, Islam SU, Khan HR, Rohr S, Mao H. Advancing commotio cordis safety standards using the total human models for safety (THUMS). *Ann Biomed Eng* 2023;51(9):2070–85. <https://doi.org/10.1007/s10439-023-03235-9>.
480. Shah A. Using data for improvement. *BMJ* 2019;364:1189. <https://doi.org/10.1136/bmj.1189>.
481. Mashoufi M, Ayatollahi H, Khorasani-Zavareh D. A review of data quality assessment in emergency medical services. *Open Med Inform J* 2018;12:19–32. <https://doi.org/10.2174/1874431101812010019>.
482. Mashoufi M, Ayatollahi H, Khorasani-Zavareh D, Talebi Azad Boni T. Data quality assessment in emergency medical services: an objective approach. *BMC Emerg Med* 2023;23(1):10. <https://doi.org/10.1186/s12873-023-00781-2>.
483. Riyapan S, Sanyanuban P, Chantanakomes J, et al. Enhancing survival outcomes in developing emergency medical service system: continuous quality improvement for out-of-hospital cardiac arrest. *Resusc Plus* 2024;19:100683.
484. Wilson C, Howell AM, Janes G, Benn J. The role of feedback in emergency ambulance services: a qualitative interview study. *BMC Health Serv Res* 2022;22(1):296. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-07676-1>.
485. Wilson C, Janes G, Lawton R, Benn J. Types and effects of feedback for emergency ambulance staff: a systematic mixed studies review and meta-analysis. *BMJ Qual Saf* 2023;32 (10):573–88.
486. Ho AFW, Ong MEH. Transportation during and after cardiac arrest: who, when, how and where?. *Curr Opin Crit Care* 2021;27 (3):223–31.
487. Butterfield ED, Price J, Bonsano M, et al. Prehospital invasive arterial blood pressure monitoring in critically ill patients attended by a UK helicopter emergency medical service- a retrospective observational review of practice. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2024;32(1):20.
488. Ringen E, Haugland H, Brede JR. Characteristics of the most severely ill and injured patients in a Norwegian helicopter emergency medical service: a retrospective cohort study. *BMC Emerg Med* 2024;24(1):35.
489. Aziz S, Lachowycz K, Major R, Rees P, Barratt J. Implementation of advanced vascular access, physiological monitoring and goal- directed resuscitation during OHCA in a helicopter emergency medical service. *J Vasc Access* 2024;11297298241242157.
490. Yin RT, Berve PO, Skaalhegg T, et al. Recovery of arterial blood pressure after chest compression pauses in patients with out-of- hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2024;201:110311.
491. Morton S, Avery P, Payne J, Omeara M. Arterial blood gases and arterial lines in the prehospital setting. *Air Med J* 2022;41(2):201–8.



492. Standifird C, Wassermann M, Lauria MJ. Initiation of invasive arterial pressure monitoring by critical care transport crews. *Air Med J* 2022;41(2):248–51.
493. Perera Y, Raitt J, Poole K, Metcalfe D, Lewinsohn A. Non-invasive versus arterial pressure monitoring in the pre-hospital critical care environment: a paired comparison. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2024;32(1):77.
494. Kamboj N, Chang K, Metcalfe K, Chu CH, Conway A. Accuracy and precision of continuous non-invasive arterial pressure monitoring in critical care: a systematic review. *Intensive Crit Care Nurs* 2021;67:103091.
495. Keselica M, Perčan D, Renza M, et al. Efficiency of two-member crews in delivering prehospital advanced life support cardiopulmonary resuscitation: a scoping review. *Resusc Plus* 2024;18:100661.
496. Graf J, Stübgen U, Pump S. In-flight medical emergencies. *Dtsch Arztebl Int* 2012;109(37):591–601.
497. Katoch T, Pinnamaneni S, Medatwal R, et al. Hearts in the sky: understanding the cardiovascular implications of air travel. *Future Cardiol* 2024;20(11–12):651–60.
498. Borges do Nascimento IJ, Jerončić A, Arantes AJR, et al. The global incidence of in-flight medical emergencies: a systematic review and meta-analysis of approximately 1.5 billion airline passengers. *Am J Emerg Med* 2021;48:156–64.
499. Battineni G, Arcese A, Chintalapudi N, Di Canio M, Sibilio F, Amenta F. Approaches to medical emergencies on commercial flights. *Medicina (Kaunas)* 2024;60(5).
500. Hinkelbein J, Schmitz J, Kerkhoff S, et al. On-board emergency medical equipment of European airlines. *Travel Med Infect Dis* 2021;40:101982.
501. Oliveira ATB. Worldwide regulation of the medical emergency kit and first aid kit. *Aerosp Med Hum Perform* 2024;95(6):321–6.
502. Hinkelbein J, Kerkhoff S, Adler C, et al. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) during spaceflight – A guideline for CPR in microgravity. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2020;28(1):108.
503. Vanni V, Hu JL, Currao A, Savastano S. Chest compressions techniques in microgravity: light years from a good quality resuscitation. *Resuscitation Plus* 2025100996. <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2025.100996>.
504. Overbeek R, Liebold F, Johnson Kolaparambil Varghese L, et al. Alternative techniques for cardiopulmonary resuscitation in extreme environments – A scoping review. *Resusc Plus* 2024;20:100762.
505. Dillard JS, Maynard W, Kashyap R. The epidemiology of maritime patients requiring medical evacuation: a literature review. *Cureus* 2023;15(11)e49606.
506. Mohammadzadeh N, Gholamzadeh M. Requirements, challenges, and key components to improve onboard medical care using maritime telemedicine: narrative review. *Int J Telemed Appl* 2023;2023:9389286.
507. British Thoracic Society SIGN. <https://www.sign.ac.uk/media/2269/sign-158-2024-update-final.pdf>.
508. Reddel HK, Bacharier LB, Bateman ED, et al. Global initiative for asthma strategy 2021: executive summary and rationale for keychanges. *European Respiratory Journal* 2022;59(1)2102730. <https://doi.org/10.1183/13993003.02730-2021>.
509. (GOLD) Gifcold.
510. Franklin C, Samuel J, Hu TC. Life-threatening hypotension associated with emergency intubation and the initiation of mechanical ventilation. *Am J Emerg Med* 1994;12(4):425–8. [https://doi.org/10.1016/0735-6757\(94\)90053-1](https://doi.org/10.1016/0735-6757(94)90053-1).
511. Laher AE, Buchanan SK. Mechanically ventilating the severe asthmatic. *J Intensive Care Med* 2018;33(9):491–501. <https://doi.org/10.1177/0885066617740079>.



512. Tonna JE, Abrams D, Brodie D, et al. Management of adult patients supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO): guideline from the extracorporeal life support organization (ELSO). *Asaio J* 2021;67(6):601–10. [https://doi.org/ 10.1097/mat.0000000000001432](https://doi.org/10.1097/mat.0000000000001432).
513. Ekechukwu N, Batra S, Orsi D, Rahmanian M, Bangar M, Mohamed A. Outcomes of extracorporeal life support (ECLS) in acute severe asthma: a narrative review. *Lung* 2024;202(2):91–6. [https://doi.org/ 10.1007/s00408-023-00667-x](https://doi.org/10.1007/s00408-023-00667-x).
514. Boucher A, Payen C, Garayt C, et al. Salbutamol misuse or abuse with fatal outcome: a case-report. *Hum Exp Toxicol* 2011;30 (11):1869–71. <https://doi.org/10.1177/0960327110388957>.
515. Lemaitre RN, Siscovick DS, Psaty BM, et al. Inhaled beta-2 adrenergic receptor agonists and primary cardiac arrest. *Am J Med* 2002;113(9):711–6. [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(02\)01384-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(02)01384-0).
516. Rosero SZ, Zareba W, Moss AJ, et al. Asthma and the risk of cardiac events in the Long QT syndrome. Long QT Syndrome Investigative Group. *Am J Cardiol* 1999;84(12):1406–11. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(99\)00586-x](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(99)00586-x).
517. Salpeter SR, Ormiston TM, Salpeter EE. Cardiovascular effects of beta-agonists in patients with asthma and COPD: a meta-analysis. *Chest* 2004;125(6):2309–21. <https://doi.org/10.1378/chest.125.6.2309>.
518. van den Berg ME, Stricker BH, Brusselle GG, Lahousse L. Chronic obstructive pulmonary disease and sudden cardiac death: A systematic review. *Trends Cardiovasc Med* 2016;26(7):606–13. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2016.04.001>.
519. Charlton NP BD, Dja'rv T, Carlson J on behalf of the International Liaison Committee on Resuscitation First Aid Task Force. Potential Harm from Bronchodilators for Respiratory Concerns First Aid Task Force Synthesis of a Scoping Review. 24 November ed2022.
520. Granfeldt A, Wissenberg M, Hansen SM, et al. Severity of chronic obstructive pulmonary disease and presenting rhythm in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2018;126:111–7. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.03.006>.
521. Herlitz J, Rosenfelt M, Ba'ng A, et al. Prognosis among patients with out-of-hospital cardiac arrest judged as being caused by deterioration of obstructive pulmonary disease. *Resuscitation* 1996;32(3):177–84. [https://doi.org/10.1016/0300-9572\(96\)00970-7](https://doi.org/10.1016/0300-9572(96)00970-7).
522. Hostetler MA, Davis CO. Bilateral localized tension pneumothoraces refractory to needle decompression. *Pediatr Emerg Care* 1999;15(5):322–4. <https://doi.org/10.1097/00006565-199910000-00005>.
523. Williams-Johnson J, Williams EW, Hart N, Maycock C, Bullock K, Ramphal P. Simultaneous spontaneous bilateral pneumothoraces in an asthmatic. *West Indian Med J* 2008;57(5):508–10.
524. Eason J, Tayler D, Cottam S, et al. Manual chest compression for total bronchospasm. *Lancet* 1991;337(8737):366. [https://doi.org/ 10.1016/0140-6736\(91\)90998-5](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)90998-5).
525. Fisher MM, Bowey CJ, Ladd-Hudson K. External chest compression in acute asthma: a preliminary study. *Crit Care Med* 1989;17(7):686–7. <https://doi.org/10.1097/00003246-198907000-00018>.
526. Fisher MM, Whaley AP, Pye RR. External chest compression in the management of acute severe asthma—a technique in search of evidence. *Prehosp Disaster Med* 2001;16(3):124–7. <https://doi.org/10.1017/s1049023x00025863>.
527. Harrison R. Chest compression first aid for respiratory arrest due to acute asphyxic asthma. *Emerg Med J* 2010;27(1):59–61. <https://doi.org/10.1136/emj.2007.056119>.
528. Myles PS, Weeks AM. Cardiopulmonary resuscitation in obstructive airways disease. *Lancet* 1993;341(8854):1217. [https://doi.org/ 10.1016/0140-6736\(93\)91048-q](https://doi.org/10.1016/0140-6736(93)91048-q).



529. Rezoagli E, Bastia L, Brochard L, Bellani G. Physical manoeuvres in patients with ARDS and low compliance: bedside approaches to detect lung hyperinflation and optimise mechanical ventilation. *European Respiratory Journal* 2023;61(5)2202169. <https://doi.org/10.1183/13993003.02169-2022>.
530. Rosengarten PL, Tuxen DV, Dziukas L, Scheinkestel C, Merrett K, Bowes G. Circulatory arrest induced by intermittent positive pressure ventilation in a patient with severe asthma. *Anaesth Intensive Care* 1991;19(1):118–21. <https://doi.org/10.1177/0310057x9101900126>.
531. Leatherman JW, McArthur C, Shapiro RS. Effect of prolongation of expiratory time on dynamic hyperinflation in mechanically ventilated patients with severe asthma. *Crit Care Med* 2004;32(7):1542–5. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000130993.43076.20>.
532. Orea-Tejeda A, Go´mez-Mart´inez M, Gonza´lez-Islas D, et al. The impact of hydration status and fluid distribution on pulmonary function in COPD patients. *Sci Rep* 2022;12(1):1216. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05192-0>.
533. Yeo HJ, Kim D, Jeon D, Kim YS, Rycus P, Cho WH. Extracorporeal membrane oxygenation for life-threatening asthma refractory to mechanical ventilation: analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Crit Care* 2017;21(1):297. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1886-8>.
534. Kovesdy CP. Epidemiology of chronic kidney disease: an update 2022. *Kidney Int Suppl (2011)* 2022;12(1):7–11. <https://doi.org/10.1016/j.kisu.2021.11.003>.
535. Borg R, Carlson N, Sondergaard J, Persson F. The growing challenge of chronic kidney disease: an overview of current knowledge. *Int J Nephrol* 2023;2023:9609266. <https://doi.org/10.1155/2023/9609266>.
536. Obremaska M, Madziarska K, Zysko D, et al. Out-of-hospital cardiac arrest in dialysis patients. *Int Urol Nephrol* 2021;53(3):563–9. <https://doi.org/10.1007/s11255-020-02694-6>.
537. Davis TR, Young BA, Eisenberg MS, Rea TD, Copass MK, Cobb LA. Outcome of cardiac arrests attended by emergency medical services staff at community outpatient dialysis centers. *Kidney Int* 2008;73(8):933–9. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5002749>.
538. Karnik JA, Young BS, Lew NL, et al. Cardiac arrest and sudden death in dialysis units. *Kidney Int* 2001;60(1):350–7. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2001.00806.x>.
539. Lafrance JP, Nolin L, Senecal L, Leblanc M. Predictors and outcome of cardiopulmonary resuscitation (CPR) calls in a large haemodialysis unit over a seven-year period. *Nephrol Dial Transplant* 2006;21(4):1006–12. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfk007>.
540. Foley RN, Gilbertson DT, Murray T, Collins AJ. Long interdialytic interval and mortality among patients receiving hemodialysis. *N Engl J Med* 2011;365(12):1099–107. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1103313>.
541. Pun PH. Listening to the rhythm of arrhythmias among patients maintained on hemodialysis. *Kidney Med* 2024;6(4)100803. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2024.100803>.
542. Genovesi S, Boriani G, Covic A, et al. Sudden cardiac death in dialysis patients: different causes and management strategies. *Nephrol Dial Transplant* 2021;36(3):396–405. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz182>.
543. Soomro QH, Koplan BA, Costea AI, et al. Arrhythmia and time of day in maintenance hemodialysis: secondary analysis of the monitoring in dialysis study. *Kidney Med* 2024;6(4)100799. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2024.100799>.
544. United States Renal Data System (USRDS) Annual Data Report 2024: Epidemiology of kidney disease in the United States. National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Bethesda, MD.



545. Makar MS, Pun PH. Sudden cardiac death among hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis* 2017;69(5):684–95. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2016.12.006>.
546. Pun PH, Dupre ME, Starks MA, et al. Outcomes for hemodialysis patients given cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrest at outpatient dialysis clinics. *J Am Soc Nephrol* 2019. <https://doi.org/10.1681/ASN.2018090911>.
547. Wan C, Herzog CA, Zareba W, Szymkiewicz SJ. Sudden cardiac arrest in hemodialysis patients with wearable cardioverter defibrillator. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2014;19(3):247–57. <https://doi.org/10.1111/anec.12119>.
548. Yang W, Kim JG, Kang GH, et al. Prognostic effect of underlying chronic kidney disease and renal replacement therapy on the outcome of patients after out-of-hospital cardiac arrest: a nationwide observational study. *Medicina (Kaunas)* 2022;58(3). <https://doi.org/10.3390/medicina58030444>.
549. Hsieh MS, Chattopadhyay A, Lu TP, et al. Effect of end-stage kidney disease on the return of spontaneous circulation in Taiwanese adults with out-of-hospital cardiac arrest. *Sci Rep* 2023;13(1):7905. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35024-8>.
550. Moss AH, Holley JL, Upton MB. Outcomes of cardiopulmonary resuscitation in dialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 1992;3 (6):1238–43.
551. Starks MA, Wu J, Peterson ED, et al. In-hospital cardiac arrest resuscitation practices and outcomes in maintenance dialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol* 2020. <https://doi.org/10.2215/CJN.05070419>.
552. Saeed F, Murad HF, Wing RE, Li J, Schold JD, Fiscella KA. Outcomes following in-hospital cardiopulmonary resuscitation in people receiving maintenance dialysis. *Kidney Med* 2022;4(1) 100380. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2021.08.014>.
553. Sharma S, Raman P, Sinha M, Deo AS. Factors affecting outcomes of cardiopulmonary resuscitation in a nephro-urology unit: a retrospective analysis. *Indian J Crit Care Med* 2022;26(3):322–6. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-24146>.
554. Wong SP, Kreuter W, Curtis JR, Hall YN, O’Hare AM. Trends in in- hospital cardiopulmonary resuscitation and survival in adults receiving maintenance dialysis. *JAMA Intern Med* 2015;175 (6):1028–35. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.0406>.
555. Saeed F, Adil MM, Malik AA, Schold JD, Holley JL. Outcomes of in- hospital cardiopulmonary resuscitation in maintenance dialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 2015;26(12):3093–101. <https://doi.org/10.1681/ASN.2014080766>.
556. Pun PH. In-hospital cardiopulmonary resuscitation in patients receiving maintenance dialysis: glass half full or half empty?. *Kidney Med* 2022;4(1)100399. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2021.10.012>.
557. Workgroup KD. K/DOQI clinical practice guidelines for cardiovascular disease in dialysis patients. *Am J Kidney Dis* 2005;45(4 Suppl 3):S1–153. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15806502>.
558. Leich RW, Pun PH, Tanenbaum ND, Smith SR, Middleton JP. Automated external defibrillators and survival from cardiac arrest in the outpatient hemodialysis clinic. *J Am Soc Nephrol* 2007;18 (1):312–20. <https://doi.org/10.1681/ASN.2006040392>.
559. Pun PH, Leich RW, Honeycutt EF, Herzog CA, Middleton JP. Modifiable risk factors associated with sudden cardiac arrest within hemodialysis clinics. *Kidney Int* 2011;79(2):218–27. <https://doi.org/10.1038/ki.2010.315>.
560. Jadoul M, Thumma J, Fuller DS, et al. Modifiable practices associated with sudden death among hemodialysis patients in the dialysis outcomes and practice patterns study. *Clin J Am Soc Nephrol* 2012;7(5):765–74. <https://doi.org/10.2215/CJN.08850811>.
561. Charytan DM, Winkelmayr WC, Granger CB, et al. Effects of dialysate potassium concentration of 3.0 mmol/l with sodium zirconium cyclosilicate on dialysis-free days versus dialysate potassium concentration of 2.0 mmol/l alone on rates of cardiac arrhythmias in hemodialysis patients with hyperkalemia. *Kidney Int* 2025;107(1):169–79. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2024.10.010>.



562. Kluge HHP. WHO European regional obesity report 2022. Copenhagen: World Health Organization; 2022.
563. Welsh A, Hammad M, Pinã IL, Kulinski J. Obesity and cardiovascular health. *European Journal of Preventive Cardiology* 2024;31(8):1026–35.
564. Considine J, Couper K, Greif R, et al. Cardiopulmonary resuscitation in obese patients: a scoping review. *Resuscitation Plus* 2024;20:100820.
565. Detsky ME, Jivraj N, Adhikari NK, et al. Will this patient be difficult to intubate? The rational clinical examination systematic review. *JAMA* 2019;321(5):493–503.
566. Hung KC, Chuang MH, Kang FC, et al. Prevalence and risk factors of difficult mask ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Anesthesia* 2023;90:111197.
567. Kosmopoulos M, Kalra R, Alexy T, et al. The impact of BMI on arrest characteristics and survival of patients with out-of-hospital cardiac arrest treated with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2023;188:109842.
568. Kelly Jr RE. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg* 2008;17(3):181–93. <https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2008.03.002>.
569. Lee KH, Kim KW, Kim EY, et al. Proper compression landmark and depth for cardiopulmonary resuscitation in patients with pectus excavatum: a study using CT. *Emerg Med J* 2015;32(4):301–3. <https://doi.org/10.1136/emered-2013-202671>.
570. Russo V, Ranno M, Nigro G. Cardiopulmonary resuscitation in pectus excavatum patients: is it time to say more?. *Resuscitation* 2015;88:e5–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.07.023>.
571. Stearns JD, Twaibu J, Kwaku D, et al. Efficacy of standard chest compressions in patients with Nuss bars. *J Thorac Dis* 2020;12 (8):4299–306. <https://doi.org/10.21037/jtd-20-702>.
572. Petrovic IS, Colombotto C, Urso F. Pectus excavatum and mechanical chest compression of a dangerous bond. *Am J Emerg Med* 2022;56:394.e5–7. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2022.03.016>.
573. Zoeller GK, Zallen GS, Glick PL. Cardiopulmonary resuscitation in patients with a Nuss bar—a case report and review of the literature. *J Pediatr Surg* 2005;40(11):1788–91. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2005.07.036>.
574. Picton P, Walker D, White N, Deakin CD. Cardiopulmonary resuscitation following minimally invasive repair of pectus excavatum (Nuss technique). *Resuscitation* 2003;57(3):309–10. [https://doi.org/10.1016/S0300-9572\(03\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0300-9572(03)00041-8).
575. Collaboration. M-U, Felker A, Patel R, Kotnis R, Kenyon S, Knight M. Saving Lives, Improving Mothers' Care Compiled Report - Lessons learned to inform maternity care from the UK and Ireland Confidential Enquiries into Maternal Deaths and Morbidity 2020–22: National Perinatal Epidemiology Unit: University of Oxford, 2024.
576. Jeejeebhoy FM, Zelop CM, Lipman S, et al. Cardiac arrest in pregnancy: a scientific statement from the American heart association. *Circulation* 2015;132(18):1747–73. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000300>.
577. Association. OA. Quick Reference Handbook for Obstetric Emergencies: Obstetric Anaesthetists' Association. 2024.
578. Lipman S, Cohen S, Einav S, et al. The Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology consensus statement on the management of cardiac arrest in pregnancy. *Anesth Analg* 2014;118(5):1003–16. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000171>.
579. ACOG Practice Bulletin No. 211: Critical Care in Pregnancy. *Obstet Gynecol* 2019;133(5):e303–e319. <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000003241>.



580. Felker A, Knight M. MBRRACE-UK update: key messages from the UK and Ireland confidential enquiries into maternal death and morbidity 2024. *The Obstetrician & Gynaecologist* 2025;27 (1):37–41. <https://doi.org/10.1111/tog.12965>.
581. Chu J, Johnston TA, Geoghegan J, Royal College of O, Gynaecologists. Maternal Collapse in Pregnancy and the Puerperium: Green-top Guideline No. 56. *BJOG* 2020;127(5):e14–e52. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.15995>.
582. Regitz-Zagrosek V, Roos-Hesselink JW, Bauersachs J, et al. 2018 ESC Guidelines for the management of cardiovascular diseases during pregnancy. *Eur Heart J* 2018;39(34):3165–241. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy340>.
583. Obstetric Anaesthetists' Association (UK). 2024.
584. Zelop CM, Einav S, Mhyre JM, et al. Characteristics and outcomes of maternal cardiac arrest: a descriptive analysis of Get with the guidelines data. *Resuscitation* 2018;132:17–20. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.08.029>.
585. Say L, Chou D, Gemmill A, et al. Global causes of maternal death: a WHO systematic analysis. *Lancet Glob Health* 2014;2(6):e323–33. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(14\)70227-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(14)70227-X).
586. Beckett VA, Knight M, Sharpe P. The CAPS Study: incidence, management and outcomes of cardiac arrest in pregnancy in the UK: a prospective, descriptive study. *BJOG* 2017;124(9):1374–81. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.14521>.
587. Lucas DN, Kursumovic E, Cook TM, et al. Cardiac arrest in obstetric patients receiving anaesthetic care: results from the 7th national audit project of the royal college of anaesthetists. *Anaesthesia* 2024;79(5):514–23. <https://doi.org/10.1111/anae.16204>.
588. Hasegawa J, Sekizawa A, Tanaka H, et al. Current status of pregnancy-related maternal mortality in Japan: a report from the maternal death exploratory committee in Japan. *BMJ Open* 2016;6 (3)e010304. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010304>.
589. Shields LE, Wiesner S, Klein C, Pelletreau B, Hedriana HL. Use of maternal early warning trigger tool reduces maternal morbidity. *Am J Obstet Gynecol* 2016;214(4):527.e1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2016.01.154>.
590. Umar A, Ameh CA, Muriithi F, Mathai M. Early warning systems in obstetrics: a systematic literature review. *PLoS One* 2019;14(5) e0217864. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217864>.
591. Quinn AC, Meek T, Waldmann C. Obstetric early warning systems to prevent bad outcome. *Curr Opin Anaesthesiol* 2016;29 (3):268–72. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000338>.
592. Chimwaza Y, Hunt A, Oliveira-Ciabati L, et al. Early warning systems for identifying severe maternal outcomes: findings from the WHO global maternal sepsis study. *EClinicalMedicine* 2025;79:102981. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.102981>.
593. Krawczyk P, Dabrowska D, Guasch E, et al. Preparedness for severe maternal morbidity in European hospitals: the MaCriCare study. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2024;43(3)101355. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2024.101355>.
594. Chesnutt AN. Physiology of normal pregnancy. *Crit Care Clin* 2004;20(4):609–15. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2004.06.001>.
595. Humphries A, Mirjalili SA, Tarr GP, Thompson JMD, Stone P. The effect of supine positioning on maternal hemodynamics during late pregnancy. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2019;32(23):3923–30. <https://doi.org/10.1080/14767058.2018.1478958>.
596. Lee AJ, Landau R. Aorticaval compression syndrome: time to revisit certain dogmas. *Anesth Analg* 2017;125(6):1975–85. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002313>.



597. Fujita N, Higuchi H, Sakuma S, Takagi S, Latif M, Ozaki M. Effect of right-lateral versus left-lateral tilt position on compression of the inferior vena cava in pregnant women determined by magnetic resonance imaging. *Anesth Analg* 2019;128(6):1217–22. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004166>.
598. Higuchi H, Takagi S, Zhang K, Furui I, Ozaki M. Effect of lateral tilt angle on the volume of the abdominal aorta and inferior vena cava in pregnant and nonpregnant women determined by magnetic resonance imaging. *Anesthesiology* 2015;122(2):286–93. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000553>.
599. Ip JK, Campbell JP, Bushby D, Yentis SM. Cardiopulmonary resuscitation in the pregnant patient: a manikin-based evaluation of methods for producing lateral tilt. *Anaesthesia* 2013;68(7):694–9. <https://doi.org/10.1111/anae.12181>.
600. Dohi S, Ichizuka K, Matsuoka R, Seo K, Nagatsuka M, Sekizawa A. Coronary perfusion pressure and compression quality in maternal cardiopulmonary resuscitation in supine and left-lateral tilt positions: a prospective, crossover study using mannequins and swine models. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2017;216:98–103. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2017.07.019>.
601. Enomoto N, Yamashita T, Furuta M, et al. Effect of maternal positioning during cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analyses. *BMC Pregnancy Childbirth* 2022;22 (1):159. <https://doi.org/10.1186/s12884-021-04334-y>.
602. Jeejeebhoy FM, Morrison LJ. Maternal cardiac arrest: a practical and comprehensive review. *Emerg Med Int* 2013;2013:274814. <https://doi.org/10.1155/2013/274814>.
603. Kundra P, Khanna S, Habeebullah S, Ravishankar M. Manual displacement of the uterus during caesarean section. *Anaesthesia* 2007;62(5):460–5. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2007.05025.x>.
604. Einav S, Kaufman N, Sela HY. Maternal cardiac arrest and perimortem caesarean delivery: evidence or expert-based?. *Resuscitation* 2012;83(10):1191–200. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.05.005>.
605. Benson MD, Padovano A, Bourjeily G, Zhou Y. Maternal collapse: challenging the four-minute rule. *EBioMedicine* 2016;6:253–7. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.02.042>.
606. Chu JJ, Hinshaw K, Paterson-Brown S, et al. Perimortem caesarean section – why, when and how. *The Obstetrician & Gynaecologist* 2018;20(3):151–8. <https://doi.org/10.1111/tog.12493>.
607. Siassakos D, Fox R, Crofts JF, Hunt LP, Winter C, Draycott TJ. The management of a simulated emergency: better teamwork, better performance. *Resuscitation* 2011;82(2):203–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.10.029>.
608. Leech C, Nutbeam T, Chu J, et al. Maternal and neonatal outcomes following resuscitative hysterotomy for out of hospital cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation* 2025;207:110479. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2024.110479>.
609. Wu Y, Luo J, Chen T, et al. Successful ECMO-assisted open chest cardiopulmonary resuscitation in a postpartum patient with delayed amniotic fluid embolism. *Eur J Med Res* 2022;27(1):19. <https://doi.org/10.1186/s40001-021-00628-1>.
610. Burton A, Ratwatt S, Zalberg D, Morgan M, Narayan R, Cordina R. Cardiac arrest in pregnancy with successful stabilization and delivery on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a case report. *Eur Heart J Case Rep* 2024;8(11):ytac551. <https://doi.org/10.1093/ehjcr/ytac551>.
611. Ramanathan K, Tan CS, Rycus P, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in pregnancy: an analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Crit Care Med* 2020;48(5):696–703. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004269>.



612. Ducas RA, Elliott JE, Melnyk SF, et al. Cardiovascular magnetic resonance in pregnancy: insights from the cardiac hemodynamic imaging and remodeling in pregnancy (CHIRP) study. *J Cardiovasc Magn Reson* 2014;16(1):1. <https://doi.org/10.1186/1532-429X-16-1>.
613. Delgado C, Dawson K, Schwaegler B, Zachariah R, Einav S, Bollag L. Hand placement during chest compressions in parturients: a pilot study to identify the location of the left ventricle using transthoracic echocardiography. *Int J Obstet Anesth* 2020;43:31–5. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2020.05.003>.
614. Sheraton M, Columbus J, Surani S, Chopra R, Kashyap R. Effectiveness of mechanical chest compression devices over manual cardiopulmonary resuscitation: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *West J Emerg Med* 2021;22(4):810–9. <https://doi.org/10.5811/westjem.2021.3.50932>.
615. Myatra SN, Divatia JV, Brewster DJ. The physiologically difficult airway: an emerging concept. *Curr Opin Anaesthesiol* 2022;35 (2):115–21. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000001102>.
616. Mushambi MC, Athanassoglou V, Kinsella SM. Anticipated difficult airway during obstetric general anaesthesia: narrative literature review and management recommendations. *Anaesthesia* 2020;75 (7):945–61. <https://doi.org/10.1111/anae.15007>.
617. Mushambi MC, Kinsella SM, Popat M, et al. Obstetric anaesthetists' association and difficult airway society guidelines for the management of difficult and failed tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 2015;70(11):1286–306. <https://doi.org/10.1111/anae.13260>.
618. Nanson J, Elcock D, Williams M, Deakin CD. Do physiological changes in pregnancy change defibrillation energy requirements?. *Br J Anaesth* 2001;87(2):237–9. <https://doi.org/10.1093/bja/87.2.237>.
619. Nakamura E, Takahashi S, Matsunaga S, et al. Intravenous infusion route in maternal resuscitation: a scoping review. *BMC Emerg Med* 2021;21(1):151. <https://doi.org/10.1186/s12873-021-00546-9>.
620. Excellence. NifHaC. Hypertension in pregnancy: diagnosis and management NICE guideline NG133. London: National Institute for Health and Care Excellence, 2019.
621. Ahearn GS, Hadjiliadis D, Govert JA, Tapson VF. Massive pulmonary embolism during pregnancy successfully treated with recombinant tissue plasminogen activator: a case report and review of treatment options. *Arch Intern Med* 2002;162(11):1221–7. <https://doi.org/10.1001/archinte.162.11.1221>.
622. Rigouzzo A, Froissant PA, Louvet N. Changing hemostatic management in post-partum hemorrhage. *Am J Hematol* 2024;99 (Suppl 1):S13–8. <https://doi.org/10.1002/ajh.27264>.
623. Robinson D, Basso M, Chan C, Duckitt K, Lett R. Guideline No. 431: Postpartum Hemorrhage and Hemorrhagic Shock. *J Obstet Gynaecol Can* 2022;44(12):1293–1310 e1. <https://doi.org/10.1016/j.jogc.2022.10.002>.
624. Escobar MF, Nassar AH, Theron G, et al. FIGO recommendations on the management of postpartum hemorrhage 2022. *Int J Gynaecol Obstet* 2022;157 Suppl 1 (Suppl 1):3–50. <https://doi.org/10.1002/ijgo.14116>.
625. Eyeberu A, Getachew T, Amare G, et al. Use of tranexamic acid in decreasing blood loss during and after delivery among women in Africa: a systematic review and meta-analysis. *Arch Gynecol Obstet* 2023;308(3):709–25. <https://doi.org/10.1007/s00404-022-06845-1>.
626. Assis IC, Goveia CS, Miranda DB, Ferreira RS, Riccio LGC. Analysis of the efficacy of prophylactic tranexamic acid in preventing postpartum bleeding: systematic review with meta-analysis of randomized clinical trials. *Braz J Anesthesiol* 2023;73 (4):467–76. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2022.08.002>.
627. Yang F, Wang H, Shen M. Effect of preoperative prophylactic intravenous tranexamic acid on perioperative blood loss control in patients undergoing cesarean delivery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pregnancy Childbirth* 2023;23(1):420. <https://doi.org/10.1186/s12884-023-05753-9>.



628. Collaborators WT. Effect of early tranexamic acid administration on mortality, hysterectomy, and other morbidities in women with post- partum haemorrhage (WOMAN): an international, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet* 2017;389 (10084):2105–16. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)30638-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)30638-4).
629. Rittenberger JC, Kelly E, Jang D, Greer K, Heffner A. Successful outcome utilizing hypothermia after cardiac arrest in pregnancy: a case report. *Crit Care Med* 2008;36(4):1354–6. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318169ee99>.
630. Song KH, Lee BK, Jeung KW, Lee SM. Safely completed therapeutic hypothermia in postpartum cardiac arrest survivors. *Am J Emerg Med* 2015;33(6):861.e5–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2014.12.042>.
631. Banerjee A, Cantellow S. Maternal critical care: part I. *BJA Educ* 2021;21(4):140–7. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2020.12.003>.
632. Merien AER, van de Ven J, Mol BW, Houterman S, Oei SG. Multidisciplinary team training in a simulation setting for acute obstetric emergencies: a systematic review. *Obstet Gynecol* 2010;115(5):1021–31. <https://doi.org/10.1097/AOG.0b013e3181d9f4cd>.
633. Leonardsen AL, Svendsen EJ, Heitmann GB, et al. Development and validation of a questionnaire to assess healthcare personnel competence in cardiac arrest and resuscitation in pregnancy. *PLoS One* 2020;15(5)e0232984. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232984>.
634. Merriel A, Ficquet J, Barnard K, et al. The effects of interactive training of healthcare providers on the management of life- threatening emergencies in hospital. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;9(9)CD012177. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012177.pub2>.
635. Chou WK, Ullah N, Arjomandi Rad A, et al. Simulation training for obstetric emergencies in low- and lower-middle income countries: a systematic review. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2022;276:74–81. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2022.07.003>.
636. Medicine. TFOIC, Society. IC. Guidelines for the provision of intensive care services. 2.1 ed. London: The Faculty of Intensive Care Medicine and Intensive Care Society, 2022.
637. Burns R, Dent K. In: Burns R, Dent K, editors. *Advanced Life Support Group*. Hoboken, NJ, USA: Wiley Blackwell; 2022.
638. Winter CDT, Muchatuta N, Crofts J, editors. *PROMPT Course Manual*. Cambridge University Press; 2018.
639. McDermott BP, Casa DJ, Ganio MS, et al. Acute whole-body cooling for exercise-induced hyperthermia: a systematic review. *J Athl Train* 2009;44(1):84–93. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.84>.