



Carenzo et al. *J Anesth Analg Crit Care* (2024) 4:66
<https://doi.org/10.1186/s44158-024-00197-9>



Journal of Anesthesia,
Analgesia and Critical Care

REVIEW

Open Access



Contemporary management of traumatic cardiac arrest and peri-arrest states: a narrative review

Luca Carenzo^{1*}, Giulio Calgaro², Marius Rehn^{3,4,5}, Zane Perkins^{6,7}, Zaffer A. Qasim⁸, Lorenzo Gamberini⁹ and Ewoud ter Avest^{7,10}

Современное лечение травматической остановки сердца и состояний непосредственно до остановки сердца: обзор

*Перевод А.А. Науменко
Южно-Сахалинск
2024 год*



АННОТАЦИЯ

Травма является основной причиной смерти и инвалидности во всем мире во всех возрастных группах, при этом травматическая остановка сердца представляет собой значительное экономическое и социальное бремя из-за потери продуктивных лет жизни. Несмотря на высокий уровень смертности от травматической остановки сердца, последние данные свидетельствуют о том, что выживание с хорошим и умеренным неврологическим восстановлением возможно. Успешная реанимация при травматической остановке сердца зависит от немедленного и одновременного лечения обратимых причин в соответствии с заранее установленными алгоритмами. Протокол HOTT, направленный на коррекцию гиповолемии, оксигенации (гипоксии), напряженного пневмоторакса и тампонады сердца, составляет основу лечения остановки сердца при травмах. Расширенные вмешательства, такие как реанимационная торакотомия и реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (REBOA), способствуют еще лучшим результатам. Современные подходы также учитывают метаболические факторы (например, гиперкалиемию, дисбаланс кальция) и гемостатическую реанимацию. В этом описательном обзоре рассматривается расширенное лечение травматической остановки сердца и состояний непосредственно до остановки сердца, обсуждаются эпидемиология и патофизиология этих состояний и травматической остановки сердца. Этот обзор объединяет классические стратегии лечения травматической остановкой сердца с новейшими доказательствами и практическими приложениями.

ФОН

Травма является основной причиной смерти и инвалидности во всем мире во всех возрастных группах [1]. Травматическая остановка сердца — это общий термин, используемый для описания остановки кровообращения после тяжелой травмы. Согласно общеевропейскому исследованию *EuReCa TWO*, травматическая остановка сердца составляют примерно 4% всех внебольничных остановок сердца [2]. Однако страны с низким и средним уровнем дохода непропорционально сильно страдают от травм, которые являются одной из основных причин смерти, особенно среди молодых людей [3]. Хотя всеобъемлющий глобальный обзор эпидемиологии травматической остановки сердца отсутствует, существующие данные, вероятно, недооценивают полный масштаб глобальной проблемы. Травматическая остановка сердца имеет высокий уровень смертности, колеблющийся от 92,3 до 100% в зависимости от того, включены ли догоспитальные смерти или от развития системы оказания помощи при травмах [4-6]. Однако недавние эпидемиологические данные продемонстрировали, что выживание возможно, при этом в недавнем шведском эпидемиологическом исследовании сообщалось о 30-ти дневной выживаемости у 10.6%



пострадавших [7]. Однако среди тех, кто выжил, часто сообщалось о хорошем и умеренном неврологическом восстановлении. В систематическом обзоре результатов после травматической остановки сердца 45,8% выживших показали хорошее или умеренное неврологическое восстановление, 29,0% испытали тяжелую неврологическую инвалидность или находились в вегетативном состоянии, в то время как 25,2% имели отсутствующие неврологические результаты [8]. Травматическая остановка сердца преимущественно поражает относительно молодых пациентов, в основном мужчин, со средним возрастом 38 лет. Большинство из этих пациентов ранее были здоровы, при этом 60,5% не имели существенных проблем со здоровьем в прошлом. Возраст и предыдущее состояние здоровья подтверждают потенциал восстановления пациентов, но также подчеркивают экономическое и социальное бремя продуктивных лет жизни, потерянных во многих случаях, не поддающихся спасению [7-9]. Механизм травмы является тупым примерно в двух третях случаев травматической остановки сердца; однако эпидемиология может варьироваться в зависимости от географических районов, при этом проникающие травмы увеличиваются в мегаполисах или регионах, где широко доступно огнестрельное оружие [10,11]. Современный подход к проблеме должен учитывать, что травматическая остановка сердца не является уникальным и стационарным состоянием, а скорее обобщающим термином, который охватывает спектр физиологических состояний, которые клинически неразличимы, что приводит к бессознательному пациенту без пальпируемого пульса [12]. Основная физиология может варьироваться от состояния низкого сердечного выброса при травме (LOST) до состояния отсутствия сердечного выброса при травме (NOST) [13]. LOST можно описать как находящегося без сознания пациента, не дышащего и без пальпируемого пульса (отсюда классическое определение остановки сердца), но все еще имеющего организованную электрическую активность и/или некоторое видимое движение сердца при ультразвуковом исследовании [14]. Напротив, NOST ассоциируется с брадикардией или агональными электрическими ритмами и вероятной остановкой сердца, выявляемой при УЗИ сердца. В крупном эпидемиологическом исследовании пациенты с LOST выживали в 8,4% случаев, в то время как все пациенты с NOST умирали [13]. Состояние непосредственно до остановки сердца относится к моменту всего за несколько минут или секунд до остановки кровообращения. Его часто идентифицируют по состоянию крайне низкого кровотока, которые клинически можно определить по бледности, потливости, холодным, влажным конечностям (повышенная симпатическая активность), нарушению сознания или обмороку (сниженный мозговой кровоток) и гипотонии [15]. Выявление и действия в этот период особенно клинически значимы, поскольку активные вмешательства в этот короткий период до остановки сердца дает максимальный процент успеха успешного исхода для пациента. Целью данной статьи является предоставление повествовательного обзора современных стратегий лечения травматической остановки



сердца и состояний непосредственно до остановки сердца, подчеркивая важность раннего выявления и вмешательства для улучшения результатов для пациента.

ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ И ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ НИХ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ

Причины травматической остановки сердца и предшествующих состояний до остановки сердца обычно возникают из-за гипоксии (13%), гиповолемии (48%) и/или обструктивной физиологии (вызванной тампонадой сердца 10% и пневмотораксом 13%) [16]. Возможными причинами гипоксии, которые могут вызвать остановку сердца после травмы, являются центральное апноэ (явление апноэ после черепно-мозговой травмы), повреждение дыхательных путей (обструкция) или повреждение легких, включая пневмоторакс [17]. Обструктивная физиология может имитировать гиповолемию, и то и другое приводит к снижению венозного возврата и, следовательно, ударного объема. Гиповолемическая травматическая остановка сердца характеризуется недостаточным сердечным выбросом из-за уменьшенного объема левого желудочка в результате либо гиповолемии, либо ограниченного наполнения желудочка. Патопфизиология обескровливания имеет две отдельные фазы: начальное падение артериального давления и сердечного выброса, при этом коронарный кровоток относительно поддерживается до достижения критического порога артериального давления, в этот момент коронарный кровоток прекращается, что приводит к асистолии. Патопфизиологическое обоснование агрессивного применения вмешательств, описанных в этом обзоре, заключается в восстановлении эффективного коронарного кровотока с целью восстановления спонтанного кровообращения [18].

В совокупности гипоксия, гиповолемия, напряженный пневмоторакс и тампонада сердца называются устранимыми причинами, которые могут быть обратимыми или необратимыми. В клинической практике часто бывает сложно определить, являются ли причины травматической остановки сердца необратимыми. Поэтому принято сосредотачиваться на устранении основного набора потенциально обратимых причин, прежде чем рассматривать прекращение реанимационных мероприятий. Обратимые устранимые факторы, которые могут восстановить доставку кислорода, часто называют аббревиатурой НОТТ (**Н**ypovolaemia, **О**xxygenation, **T**ension/**T**amponade) обозначающей гиповолемию, оксигенацию и напряженный пневмоторакс/тампонаду сердца [19]. Эти обратимые факторы могут возникать одновременно или усугублять друг друга. Следовательно, крайне важно устранять их одновременно, а не последовательно. Более того, в современном подходе к лечению травматической остановки сердца алгоритма НОТТ недостаточно; следует также учитывать метаболические нарушения, особенно гиперкалиемию. Возникающие в результате метаболические нарушения часто бывают тяжелыми после травматической остановки сердца вследствие массивной кровопотери, но гораздо менее тяжелыми из-за



обструктивных причин травматической остановки сердца. Это несоответствие объясняет гораздо лучшие результаты, наблюдаемые при тампонаде сердца и напряженном пневмотораксе по сравнению с остановкой сердца на фоне массивной кровопотери, что подчеркивает важность постоянного поиска и устранения обструктивных причин, хотя они встречаются реже.

В условиях эволюции наружный массаж сердца, если он выполнен правильно, обеспечивает только 25–30% от исходного сердечного выброса и приблизительно 10% от исходной церебральной и коронарной перфузии [20]. Исследования на животных как геморрагического, так и обструктивного шока показали, что наружный массаж грудной клетки не дает дополнительных преимуществ по сравнению с надлежащим лечением обратимых причин [20–22]. Отсутствие эффекта от наружных компрессий объясняется снижением коронарного кровотока в результате гиповолемии или обструкции. Ключом к восстановлению спонтанного кровообращения и поддержанию эффективной сердечной деятельности является достаточная коронарная перфузия. Коронарное перфузионное давление служит индикатором перфузии миокарда (и, следовательно, доставки кислорода), при этом пороговое значение 15 мм рт. ст. считается необходимым для достижения восстановления спонтанного кровообращения и зависит от градиента давления между диастолическим артериальным давлением в аорте и конечным диастолическим давлением в левом желудочке. В то время как обычно у пациентов, не страдающих гиповолемией, наружный массаж сердца повышает диастолическое артериальное давление, этого не происходит у пациентов с тампонадой сердца или гиповолемией [23,24].

Ключевое сообщение заключается в том, что приоритет немедленного лечения обратимых факторов, направленного на восстановление эффективного коронарного кровотока, должен иметь приоритет над проведением компрессий грудной клетки [25]. Компрессии грудной клетки могут быть начаты до устранения обратимых причин, если в реанимационной бригаде достаточно (человеческих) ресурсов, чтобы обеспечить как высококачественные компрессии грудной клетки, так и не препятствовать немедленному лечению потенциально обратимых причин. Тем не менее, если есть неопределенность или при определенных подкатегориях травматической остановки сердца, следует начать высококачественные компрессии грудной клетки. Эти сценарии охватывают потенциально неясные медицинские или сердечные причины остановки сердца, а также травматическую остановку сердца, на фоне не гиповолемических, не обструктивных причин, таких как изолированная черепно-мозговая травма (ЧМТ), ушиб сердца, асфиксия и утопление [9].

Тупая и проникающая травма

Проникающая и тупая травма имеют различную патофизиологию и исходы. Тупая травма возникает в результате ударов тупыми предметами, часто вызывая



множественные травмы и часто затрагивая центральную нервную систему. Напротив, проникающая травма, вызванная пулевыми или ножевыми ранениями, обычно приводит к повреждениям одной системы, неврологические повреждения встречаются редко. Проникающая травма классифицируется по скорости: низкая (ножевая), средняя и высокая (огнестрельная) [26]. Пациенты с проникающими травмами в 3,5 раза чаще страдают от сосудистых повреждений с более высокой частотой травматической остановки сердца из-за быстрого ухудшения состояния. Несмотря на это, проникающая травма имеет более высокий уровень выживаемости (10,6%) по сравнению с тупой травмой (2,3%), поскольку сосудистые повреждения часто поддаются лечению с помощью методов реанимации. Понимание этих различий улучшает ведение и лечение пациентов [27,28].

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ЛЕЧЕНИЯ

Учитывая ограниченное время для установления точных причин травматической остановки сердца, использование «немедленного набора вмешательств», которые быстро корригируют наиболее распространенные потенциально устранимые причины, предпочтительнее, чем выполнение выборочных действий на основе диагностического процесса [29], особенно с учетом того, что диагностика опасных для жизни повреждений при травме затруднена, а исследования показывают, что клиническое обследование дает лишь умеренную точность [30]. Это также экономит умственные способности в стрессовой ситуации, позволяя врачу принимать сложные решения (т. е. выполнять расширенные вмешательства). Ключевыми аспектами при лечении травматической остановки сердца являются быстрое и одновременное проведение нескольких вмешательств для устранения всех потенциально обратимых причин [31]. Вмешательства можно разделить на обязательные и необязательные. Если первые необходимо выполнять у всех пациентов с травматической остановкой сердца, вторые подходят только для отдельных пациентов и/или отдельных ситуаций. Следует помнить, что необязательные вмешательства не всегда выполняются после обязательных. Трудно приписать какое-либо улучшение выживаемости одному единственному вмешательству, и, возможно, его лучше всего рассматривать как комплекс лечебных мероприятий у пациента с травматической остановкой сердца [13]. На **Рисунке 1** представлена мнемоническая схема НОТТ-ТСА-FAB, охватывающая основные аспекты лечения травматической остановки сердца, предлагаемый врачу порядок, позволяющий упростить ситуацию в часто очень напряженной, ресурсоемкой и зависящей от времени ситуации.



Рисунок 1. Предложенная мнемоника для прагматичного подхода к травматической остановке сердца.

REBOA – реанимационная баллонная окклюзия аорты

Наконец, важно помнить, что общая философия улучшения результатов при травматической остановке сердца заключается в предоставлении соответствующих вмешательств в нужное время и в нужном месте. В идеале, из-за зависимости терапевтических действий от времени, современное лечение должно предоставляться на месте остановки сердца (либо на догоспитальном этапе, либо в больнице) обученными врачами, поскольку было показано, это снижает смертность [4]. Хотя все обсуждаемые вмешательства были описаны как в догоспитальных, так и в больничных условиях, прагматичный подход будет зависеть от системы оказания помощи на месте. Это решение должно учитывать технические возможности, имеющиеся навыки, обучение, управление и человеческие ресурсы [32]. Следовательно, универсальное решение редко осуществимо, и для определения наиболее подходящих условий для каждого описанного вмешательства необходимо полное понимание возможностей местных догоспитальных, больничных и вспомогательных служб (например, службы крови).



ОСНОВНЫЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА: КОРРЕКЦИЯ ГИПОВОЛЕМИИ, ОКСИГЕНАЦИИ И НАПРЯЖЕННОГО ПНЕВМОТОРАКСА/ТАМПОНАДЫ СЕРДЦА

В идеале вмешательства должны быть одновременными, но, если это невозможно, приоритетной задачей является восстановление кровообращения.

Остановка кровотечения

Прямая компрессия остается основным методом лечения для контроля внешнего кровотечения. Большие раны следует тампонировать с помощью гемостатических марлевых повязок, наложенных непосредственно на источник, плотно укладывая до тех пор, пока рана не заполнится марлей, чтобы обеспечить достаточное давление [33]. Можно наложить жгут, если это анатомически осуществимо. После наложения жгут не следует ослаблять, пока не появятся окончательные варианты лечения. Важно регулярно повторно оценивать как рану, так и жгут, особенно после любого движения пациента. Если эффективный гемостаз не достигается, можно наложить второй жгут на 5-7 см выше первоначального, не снимая последний [34]. Если в контексте травматической остановки сердца подозревается несжимаемое кровотечение, главным приоритетом должна быть быстрая транспортировка пациента в учреждение, где можно добиться контроля кровотечения, в зависимости от доступности передовых вмешательств. Повреждения тазового кольца присутствуют у значительного числа пациентов после тупой травмы и могут привести к тяжелому геморрагическому шоку [35]. Следовательно, эффективное лечение переломов таза должно включать стратегии по контролю сопутствующего кровотечения. Если у пациента уже произошла травматическая остановка сердца, нет времени оценивать, поврежден ли таз. Тазовый бандаж может быть применен при любой тупой травматической остановке сердца с подозрением на травму таза; в то же время оценивается возможность или выполняется РЕВОА (реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты) или предбрюшинная тампонада. При травматической остановке сердца у пациента может быть небольшое или отсутствовать активное кровотечение изначально, но кровотечение может возобновиться, как только будет начато соответствующее лечение, такое как агрессивное восстановление объема, и именно поэтому включение подхода ранней остановки кровотечения является частью базового лечения травматической остановки сердца [36].

Сосудистый доступ

Важнейшим аспектом лечения травматической остановки сердца является быстрое осуществление высокопоточного сосудистого доступа для обеспечения волемической реанимации [37]. Обычно используются периферические внутривенные



катетеры (ПВК), при этом классическая травматологическая литература рекомендует раннюю установку нескольких ПВК большого диаметра (14G). Однако осуществление периферического венозного доступа может быть сложным при обескровливании пациентов с травматической остановкой сердца, у которых могут отсутствовать видимые или пальпируемые периферические сосуды. Использование ультразвукового контроля в таких случаях может занять много времени. Внутрикостный доступ был предложен как самый быстрый метод у пациентов с выраженной гипотензией, с более высокими показателями успеха по сравнению с ПВК и центральными венозными катетерами (ЦВК), согласно ретроспективному обзору [38,39]. Однако скорость потока при внутрикостном доступе (50 мл/мин) значительно ниже, чем при использовании ПВК или ЦВК большого калибра (таких как катетеры для быстрой инфузии или «травматические линии», также обычно называемые «интродьюсерами») [40,41]. Поскольку быстрое возмещение объема с помощью продуктов крови является ключевой реанимационной процедурой при травматической остановке сердца, ЦВК может быть предпочтительным доступом для оптимального лечения, особенно когда невозможно легко осуществить периферический внутривенный доступ большого диаметра [42].

ЦВК, предназначенные для лечения травм (быстрые инфузионные катетеры), обычно имеют большой диаметр (8,5 или 9 Fr) и короткую длину (около 10 см), что обеспечивает максимальную скорость потока и минимальное сопротивление [43]. Выбор места и техники установки часто зависит от клинических привычек и опыта оператора, при этом обычно используется правая подключичная вена, поскольку, по опыту авторов, этот сосуд менее склонен к коллапсу при экстремальных гиповолемических состояниях. Другие описанные стратегии включают доступ к бедренным или яремным сосудам [44]. Однако при выборе места катетеризации лечащий врач должен учитывать, что при несжимаемом кровотечении в туловище предпочтительным является наддиафрагмальный венозный доступ, поскольку это позволит инфузиям эффективно достигать сердца независимо от наличия каких-либо повреждений туловища [45]. С другой стороны, когда у пациентов есть поддиафрагмальные повреждения, требующие хирургического вмешательства по контролю повреждений (с ретрогепатическим зажимом нижней полой вены или маневром Прингла - *пережатие гепатодуоденальной связки (свободный край малого сальника). Это прерывает ток крови через печеночную артерию и воротную вену, что помогает остановить кровотечение из печени. Общий желчный проток также временно перекрывается во время этой процедуры. Это может быть достигнуто с помощью: большого атравматического кровоостанавливающего зажима (мягкий зажим), ручного сжатия, сосудистой петли – Примечание переводчика*), венозный катетер в бедренной вене может стать неэффективным для замещения объема и введения лекарств. Специализированный оператор сосудистого доступа, часто опытный анестезиолог или врач



неотложной помощи, может быть частью травматологической бригады. После того, как пациент с травматической остановкой сердца переведен в отделение неотложной помощи/ОИТ, оператор сосудистого доступа незамедлительно приступает к канюляции. Затем катетер подключается к предварительно подготовленному быстрому инфузионному аппарату, который объединяет фильтр, нагнетательный или роликовый насос и теплообменник для подачи подогретых растворов со скоростью до 750 мл/мин. Эта система позволяет осуществлять непрерывную инфузию холодной крови непосредственно из пакетов банка крови. Догоспитальная среда не должна ограничивать проведение массивных переливаний, хотя врачи должны знать о логистических проблемах. Высокопроизводительные работающие от батареи нагреватели крови имеются в продаже и при использовании в сочетании с простым мешком давления, стандартными рабочими процедурами и обучением команды могут значительно улучшить результаты процесса в этой обстановке [46,47]. Артериальная канюляция не является непосредственным приоритетом и должна быть отложена до тех пор, пока не будут выполнены другие важные процедуры, если только не будет определена четкая траектория к реанимационной эндоваскулярной баллонной окклюзии аорты (REBOA) или не будет принято решение о ранней катетеризации бедренной артерии (см. ниже).

Волемическая реанимация

Пациент с травматической остановкой сердца, вызванной гиповолемией, вряд ли достигнет восстановления спонтанного кровообращения, если не будет выполнен контроль кровотечения и одновременно не будет восполнен внутрисосудистый объем [19,48]. Сбалансированная трансфузия в настоящее время является наиболее распространенной стратегией волемической реанимации для пациентов с тяжелым кровотечением, включая травматическую остановку сердца, при этом кристаллоиды и коллоиды используются только тогда, когда препараты крови не доступны [49,50]. Этот подход включает в себя постоянное введение эритроцитарной массы, свежезамороженной плазмы и тромбоцитов в соотношении 1:1:1 [51]. Потенциальные терапевтические и логистические преимущества (восстановленной) цельной крови с низким титром в настоящее время изучаются в гражданских условиях [52]. Сложно проводить реанимацию с использованием вязкоупругих тестов, поскольку эти анализы представляют собой *ex vivo* анализ динамических систем *in vivo*; следовательно, использование фиксированных соотношений введения компонентов крови является рациональным подходом на начальном этапе реанимации при травматической остановке сердца [53]. Детали инфузионной терапии при травме должны быть определены в локальном протоколе массивной трансфузии, который предназначен не только для клинического руководства, но и для облегчения быстрой доставки больших объемов компонентов крови [50]. Чем больше времени требуется для активации



протокола массивной трансфузии, тем хуже исход для пациента [54]. В идеале больничный протокол массивной трансфузии должен быть активирован догоспитальной системой [55] или, как минимум, тот или иной препарат крови должен быть доступен в отделении неотложной помощи до прибытия пациента. Догоспитальное введение компонентов крови также является привлекательным решением, которое изучается для оптимального лечения травматической остановки сердца [56].

Управление дыхательными путями и оксигенация

Поскольку гипоксия может быть причиной или фактором, способствующим травматической остановке сердца, важно на ранней стадии реанимации убедиться в наличии проходимых дыхательных путей и оптимизации оксигенации с целью достижения нормоксии и нормокапнии. На начальном этапе реанимации для этой цели могут служить базовые маневры дыхательных путей и простая (двуручная) вентиляция с помощью мешка с клапаном или маски, или вентиляция через надгортанные устройства. Поэтому не следует намеренно акцентировать внимание на трудоемкие и ресурсоемкие процедуры обеспечения проходимости дыхательных путей, такие как эндотрахеальная интубация, или отложить их на самой ранней стадии реанимации, при условии наличия открытых дыхательных путей или их быстрого неинвазивного восстановления [57]. Хотя в этом обзоре основное внимание уделяется геморрагической и/или обструктивной травматической остановке сердца, при определенных этиологиях может быть полезна раннее расширенное управление дыхательными путями, например при травматической остановке сердца, вызванной асфиксией, утоплением и изолированной черепно-мозговой травмой.

Лечение обструктивной шоковой патологии

У пациентов с травматической остановкой сердца врачи не должны тратить время, пытаясь диагностировать пневмоторакс клинически или с помощью ультразвука. Напряженный пневмоторакс следует систематически исключать, выполняя двустороннюю декомпрессию грудной полости [14]. Этого можно добиться путем игольчатой декомпрессии или, при наличии правильных навыков и материалов, путем выполнения пальцевой торакостомии. Хотя последние рекомендации Advanced Trauma Life Support (ATLS) предполагают размещение иглы в 4-м/5-м межреберье на границе передней и средней подмышечной линией, доказательства, подтверждающие эту рекомендацию, слабы, а имеющиеся данные по этой теме крайне неоднородны. Кроме того, *Azizi et al.* продемонстрировали, что у пациентов с избыточным весом и ожирением грудная стенка толще в 4-м/5-м межреберье по передней подмышечной линии, чем во 2-м межреберье по среднеключичной линии, что приводит к теоретически более высоким показателям успешности игольчатой декомпрессии напряженного пневмоторакса во 2-м межреберье по среднеключичной линии [58]. Однако



даже при размещении во 2-м межреберье по среднеключичной линии в определенном проценте игольчатая торакастомия не достигает грудной полости или смещается, перегибается или становится неэффективной после выполнения процедуры. Поэтому, когда это возможно, выполнение пальцевой торакастомии с двух сторон предпочтительнее, чем игольная декомпрессия [59]. Пальцевая торакастомия — это простая техника, которую также следует применять на догоспитальном этапе [60]. Пальцевая торакастомия связана с более высокой частотой доступа к плевральной полости и высокой частотой улучшения показателей жизнедеятельности, хотя общая смертность остается неизменной [61]. Обструктивный шок вследствие тампонады сердца требует перикардиальной декомпрессии с помощью реанимационной торакастомии. Тампонада сердца при травме чаще всего вызвана проникающими повреждениями «сердечной коробки», как правило, от ножевого ранения в грудь слева от грудины. Это также может произойти, хотя и реже, из-за тупой травмы, включающей сильный удар в грудь, который может сопровождаться переломом грудины. В зависимости от обстановки (догоспитальная или внутрибольничная), имеющихся человеческих ресурсов, уверенности оператора и доступности технологий, ультразвуковое исследование в месте оказания помощи (POCUS) может помочь в диагностике тампонады сердца, поскольку традиционные клинические признаки, такие как гипотония, расширенные шейные вены и приглушенные сердечные тоны, не будут надежными в период непосредственно до травматической остановки сердца. Однако важно подчеркнуть, что POCUS не должно задерживать решение о продолжении терапевтических вмешательств, таких как реанимационная торакотомия. В случае тампонады перикарда реанимационная торакотомия должна быть первым вмешательством и должна быть выполнена немедленно, имея приоритет над всеми другими вмешательствами. Никакие другие действия, такие как управление дыхательными путями или компрессия грудной клетки, не помогут, пока перикард не будет декомпрессирован. В этой ситуации выживание крайне зависит от времени. Подробная информация об этой процедуре будет представлена ниже, включая возможность применения ультразвука в диагностическом процессе тампонады.

РАСШИРЕННЫЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА

Расширенные вмешательства, такие как реанимационная торакотомия и реанимационная баллонная окклюзия аорты (REBOA), следует рассматривать только для отдельных пациентов, которые соответствуют определенным критериям. Реанимационную торакотомия и REBOA следует проводить только в сочетании с агрессивной объемной реанимацией, наружным или внутренним массажем сердца, титрованием вазопрессоров в низких дозах и в целом всеми обязательными вмешательствами, описанными выше [12].



Реанимационная торакотомия

Реанимационная торакотомия является инвазивной процедурой спасения жизни, которая служит нескольким целям, включая лечение тампонады сердца, контроль кровотечения, контроль поддиафрагмального кровотечения путем проксимального контроля аорты и обеспечение внутреннего массажа сердца для лучшего улучшения диастолического кровотока и повышения шансов на восстановление спонтанного кровообращения [28,62,63]. Важно подчеркнуть, что роль реанимационной торакотомии различается в зависимости от основной причины травматической остановки сердца. В случае тампонады сердца реанимационная торакотомия является методом выбора и должна выполняться быстро, предшествуя всем другим вмешательствам. При отсутствии тампонады, выполнение реанимационной торакотомии зависит от сроков, механизма и признаков жизни. В случаях травматической остановки сердца из-за проникающих ранений экстренная торакотомия показана пациентам, у которых отсутствует пульс и которым СЛР проводилась менее 10 минут после травмы. При остановке сердца, вызванной тупой травмой, реанимационная торакотомия может рассматриваться для пациентов, у которых произошла остановка сердца по прибытии в стационар или у которых отсутствует пульс, но проявляются признаки жизни, такие как реакция зрачков, спонтанная вентиляция или электрическая активность сердца. Реанимационная торакотомия обычно противопоказана, если определенная потеря сердечного выброса присутствует более 10–15 мин [25,64–66].

Существуют значительные различия в результатах после реанимационной торакотомии при проникающих и тупых травмах. Недавний общенациональный анализ в США изучал результаты после реанимационной торакотомии на основе возраста, признаков жизни и механизма травмы. Общая выживаемость до выписки составила 19,9%: 26,0% - при проникающей и 7,6% - при тупой травме. Это можно объяснить разным характером травмы: тупая травма часто приводит к тяжелым повреждениям в различных частях тела, что значительно уменьшает шансы на выживание при реанимационной торакотомии в случаях травматической остановки сердца [67]. Реанимационная торакотомия ассоциируется с самыми высокими показателями выживаемости у пациентов моложе 60 лет, у которых наблюдались признаки жизни после проникающей травмы. Ни один из пациентов с тупой травмой без признаков жизни не выжил [28].

Ключевым аспектом реанимационной торакотомии является принятие решений и время выполнения [66]. Реанимационная торакотомия должна выполняться, когда и где это необходимо, без задержки в течение вышеупомянутых временных рамок любым обученным членом травматологической бригады, независимо от базовой специализации (хирургия, анестезиология, неотложная медицина и т. д.), в зависимости от местной доступности и структуры травматологической бригады. Хирурги и врачи не хирургических специальностей могут использовать разные техники, но



базовая реанимационная торакотомия состоит из следующих минимальных действий: разрез «ракушка», вскрытие перикарда и доступ к сердцу, компрессия аорты и внутренний массаж сердца (**Рисунок 2**) [63,65].

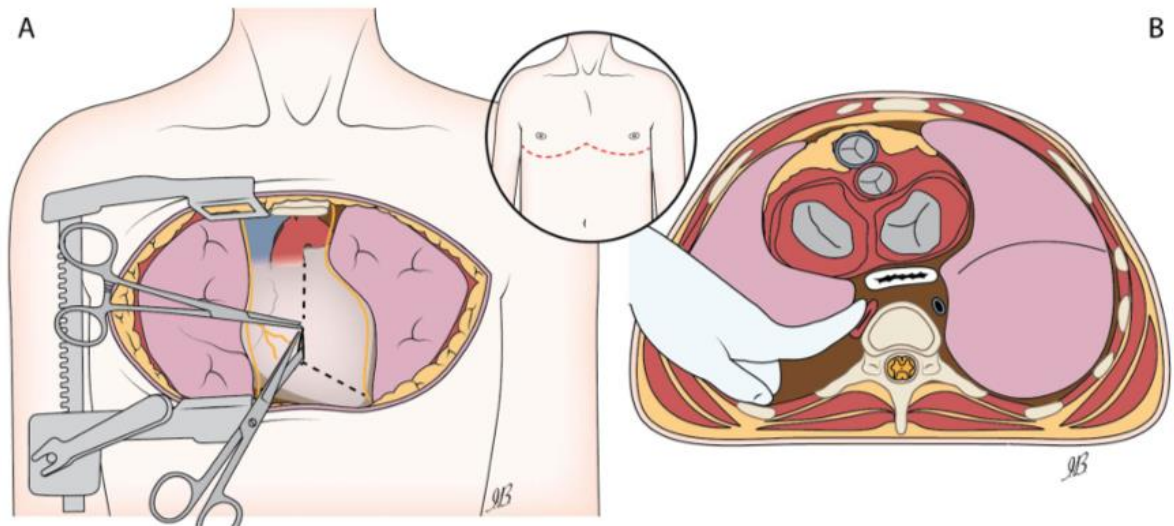


Рисунок 2. Реанимационная торакотомия.

А. Вид спереди. Разрез «ракушка» и вскрытие перикарда с перевернутым «Т»-разрезом.

В. Аксиальный вид грудной клетки с рукой оператора, выполняющего ручную окклюзию аорты.

Принятие решений может быть улучшено с помощью ультразвука, который помогает подтвердить тампонаду и получить информацию о признаках жизни, особенно в центрах с небольшим объемом, которые могут испытывать трудности с процессом принятия решений, а также в центрах с высокой частотой использования ультразвука и круглосуточной доступностью высококвалифицированного персонала [68,69]. Однако в сомнительных случаях, особенно при центральном проникающем ранении, важно минимизировать время диагностики и быстро приступить к процедуре. Левый переднебоковой доступ, зашивание ран, наложение швов на сердце или гемостаз легких являются более сложными операциями и обычно резервируются для более опытных операторов [65]. Техника должна быть простой, быстрой и обеспечивать хорошее обнажение грудной клетки, а оборудование должно быть минимальным и легко узнаваемым [64]. Другие вмешательства, такие как сосудистый доступ, интубация и вентиляция, должны выполняться другими членами команды одновременно, не задерживая реанимационную торакотомию. В данной ситуации укрытие раны хирургическими простынями и стерильность не являются необходимыми [64].

Если после вскрытия грудной клетки сердце не сокращается (во время инфузионной терапии, компрессии аорты и внутреннего массажа), его можно стимулировать, щелкая пальцем. Во время реанимационной торакотомии может возникнуть фибрилляция желудочков, и дефибрилляция с помощью внутренних электродов



может быть инициирована энергией 10 Дж [65]. Если внутренние электроды недоступны, выполняется обычная дефибрилляция после удаления реберного расширителя, закрытия раны, наложения электродов на грудную клетку и проведения дефибрилляции. Во время внутреннего массажа крайне важно сжимать аорту по направлению к позвоночнику, чтобы максимизировать церебральную и коронарную перфузию до тех пор, пока в конечном итоге не будет достигнуто восстановление спонтанного кровообращения или не будет принято решение о прекращении реанимационных мероприятий.

Реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (REBOA)

REBOA — это метод, который включает введение чрескожного баллона в аорту через общую бедренную артерию для быстрого контроля кровотечения и поддержки перфузии сердца и мозга (увеличение сердечной постнагрузки и проксимального аортального давления, улучшение коронарной и церебральной перфузии) до тех пор, пока не будет достигнут окончательный хирургический или эндоваскулярный контроль кровотечения. Следует подчеркнуть, что это не окончательное лечение, а временная мера, поскольку дистальная перфузия должна быть восстановлена как можно раньше, чтобы минимизировать пагубные последствия дистальной ишемии [70]. Пациентам с травматической остановкой сердца может потребоваться полная окклюзия аорты до тех пор, пока не будет достигнуто восстановление спонтанного кровообращения. После этого следует как можно скорее, как только это физиологически осуществимо, выполнить частичную окклюзию (pREBOA) [71].

Для определения правильного места размещения баллона аорта делится на три анатомических области: **зона 1** - между левой подключичной артерией и чревным стволом, **зона 2** - между чревным стволом и нижними почечными артериями и **зона 3** - между нижними почечными артериями и бифуркацией аорты [72].

Раздувание баллона в **зоне 1** помогает уменьшить кровотечение ниже диафрагмы (травмы живота или таза), **зона 3** используется для уменьшения кровотечения из таза и нижних конечностей, в то время как размещения баллона в **зоне 2** следует избегать [73]. Необходимо подчеркнуть, что даже если баллон расположен правильно, существует риск дистального ишемического повреждения (повреждение почек, мезентериальная ишемия, параплегия, полиорганная недостаточность) и реперфузионного повреждения [74]. Размещение баллона в любой из зон увеличивает постнагрузку (и, следовательно, диастолическую коронарную перфузию), но это увеличение выше при позиционировании баллона в **зоне 1**, предпочтительном месте для пациентов с травматической остановкой сердца (**Рисунок 3**).

Время, необходимое для установки устройства, может иметь решающее значение для выживания пациента. В случаях сложной или неудачной канюляции следует рассмотреть переход на реанимационную торакотомию для остановки



кровотечения. Невозможно указать четкие временные рамки, когда это должно произойти, но поскольку выживаемость быстро снижается с каждой минутой остановки сердца, по опыту автора, это решение обычно принимается в течение 5 минут.

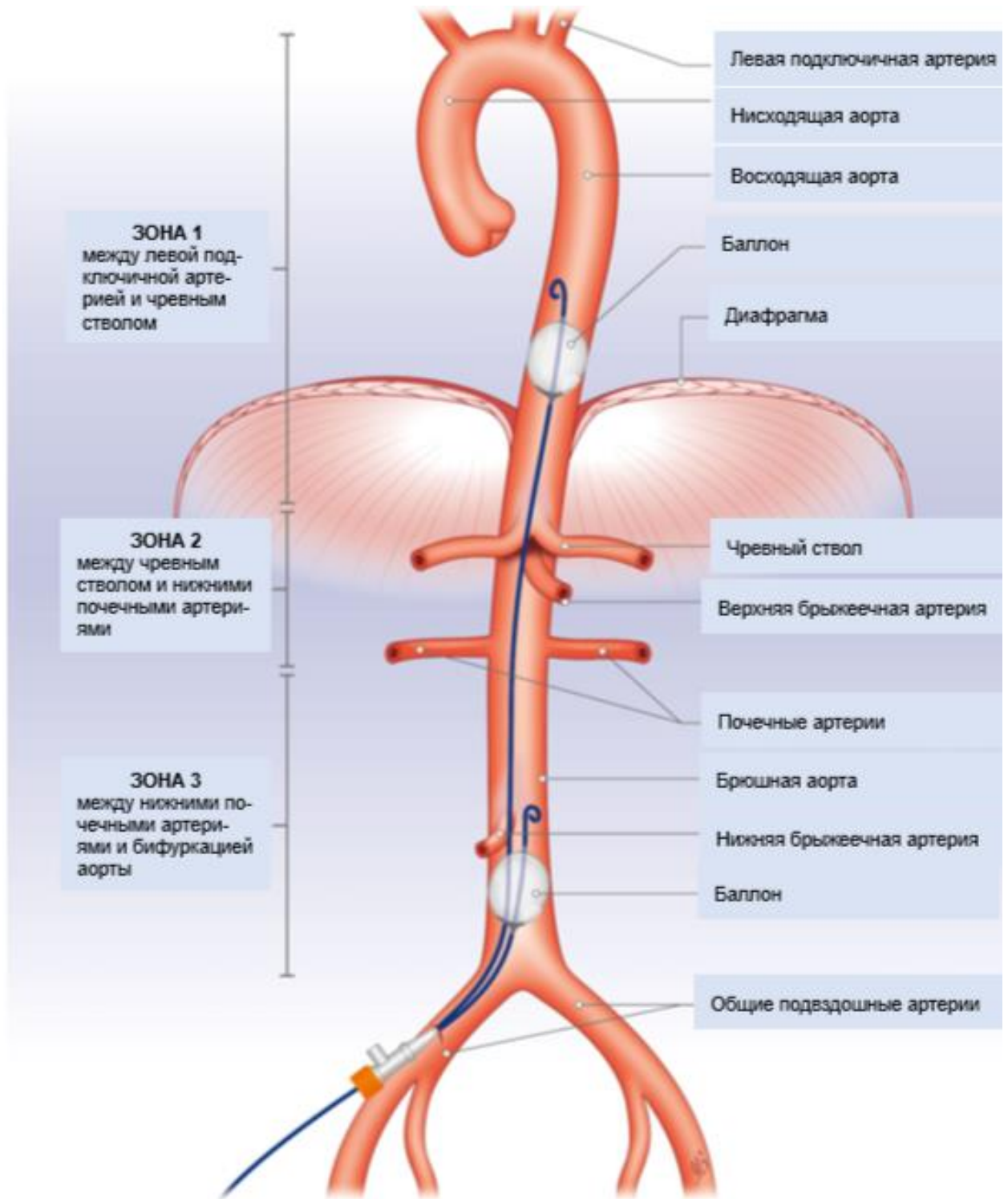


Рисунок 3. Реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (REBOA)



Преимущество REBOA в плане выживаемости в случаях тяжелого абдоминально-тазового кровотечения, а также сравнение между REBOA и реанимационной торакотомией при остановке сердца вследствие кровотечения является предметом споров [73]. Однако, несмотря на низкое качество доказательств, итальянская группа обнаружила разницу в пользу REBOA по сравнению с реанимационной торакотомией. Более того, сравнение реанимационной торакотомии с внутренним массажем сердца и закрытой компрессией грудной клетки показало, что значения CO_2 в конце выдоха были схожими между группами, что позволяет предположить, что реанимационная торакотомия с единственной целью реанимационной компрессии сердца и окклюзии аорты может не быть необходимой с появлением REBOA [75].

Недавний систематический обзор показал значительную вариацию противопоказаний к REBOA, при этом 20% опубликованных алгоритмов не предоставили никаких конкретных противопоказаний [76]. Остальные 80% широко упоминали травму грудной клетки как противопоказание, определяемое по-разному как сильное кровотечение «проксимальнее левой подключичной артерии», «тяжелая тупая травма груди», «сильное повреждение грудных сосудов» или «грудное кровотечение». Несмотря на отсутствие убедительных доказательств, сопутствующая заболеваемость при открытии грудной клетки для пережатия аорты делает REBOA привлекательным вариантом процедуры по сравнению с реанимационной торакотомией [77]. Однако у пациентов, у которых травматическая остановка сердца связана с проникающей торакальной травмой, по-прежнему следует предпочесть реанимационную торакотомию, поскольку REBOA не обеспечивает возможности коррекции травматического повреждения, а окклюзия нисходящей аорты может усугубить проксимальное кровотечение.

Ранний доступ к бедренной артерии

Ранний доступ к бедренной артерии относится к процедуре быстрой катетеризации бедренной артерии, обычно с помощью чрескожных методов или хирургического разреза, на ранних этапах лечения пациентов с кровотечением и до остановки сердца. Этот доступ обычно достигается путем размещения интродьюсера, который может быть изначально меньше в диаметре для облегчения инвазивного мониторинга артериального давления и может быть легко увеличен до большего диаметра, способной вместить катетер REBOA. Ранний доступ имеет решающее значение, поскольку его обычно технически проще выполнить при наличии перфузии, чем во время остановки сердца. Ранний доступ к бедренной артерии позволяет быстро разворачивать спасательные вмешательства, не препятствуя усилиям по реанимации, и связан с более коротким временем до гемостаза у тяжелораненых пациентов [78]. Недавний консенсус предполагает, что ранний доступ следует рассматривать для всех пациентов с травмами с начальным систолическим артериальным давлением (САД) <60 мм



рт. ст., независимо от их реакции на инфузионную терапию. Его также следует рассматривать для пациентов с начальным САД <90 мм рт. ст., которые не реагируют на введение жидкости или препаратов крови [79].

Роль вазопрессоров

В целом, нет места для вазопрессоров с фиксированным интервалом доз при травматической остановке сердца [80]. Различные ретроспективные исследования сообщили о связи с более низкими шансами на выживание с хорошим неврологическим исходом (хотя смещение отбора могло повлиять на эти результаты). Исключением являются травматическая остановка сердца гипоксической этиологии или при острым церебральным повреждением, где могут использоваться обычные реанимационные дозы адреналина. Основываясь на опыте автора, для пациентов с травматической остановкой сердца вследствие гиповолемии или обструктивных причин, введение низкой дозы (100 мкг болюсом) может рассматриваться как дополнение к реанимации, особенно для поддержания сердечной активности после восстановления спонтанного кровообращения.

МЕТАБОЛИЧЕСКОЕ, ГЕМОСТАТИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ И ТЕРАПИЯ В ПОСТРЕАНИМАЦИОННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ ОСТАНОВКИ СЕРДЦА

Эти вмешательства традиционно не включаются в лечение обратимых причин; однако они могут играть роль как в профилактике травматической остановки сердца, способствуя восстановлению спонтанного кровообращения (гиперкалиемия), так и при ведении пациента после восстановления спонтанного кровообращения. Оптимальное время зависит от клинического состояния пациента, клинического суждения и доступных ресурсов.

Транексамовая кислота

Транексамовая кислота в настоящее время является важным компонентом мультимодального подхода к лечению пациентов с тяжелыми травмами [81].

Одним из наиболее важных аспектов введения транексамовой кислоты является время. Раннее лечение (≤ 1 ч после травмы) значительно снижает риск смерти из-за кровотечения, и поэтому транексамовую кислоту следует вводить как можно раньше [82].

Использование транексамовой кислоты при травматической остановке сердца остается недостаточно изученным. Недавнее исследование в Японии показало, что ее использование связано с более высокой частотой восстановления спонтанного кровообращения [83]. Транексамовую кислоту следует продолжать использовать как



часть мультимодального подхода при лечении травматической остановки сердца. Однако ее введение никогда не должно иметь приоритет над другими, более важными вмешательствами. По сравнению с режимом CRASH-2 с болюсом 1 г, за которым следует инфузия 1 г в течение 8 часов, в некоторых центрах сейчас используется болюс 2 г; он доказал свою эффективность и, вероятно, более практичен [84].

Коррекция калия

Ранняя гиперкалиемия после тяжелого геморрагического шока была зарегистрирована в клинических исследованиях [85]. *Perkins et al.* обнаружили, что у 29% пациентов была гиперкалиемия без ацидоза, и все пациенты с гиперкалиемией умерли [86]. В свиной модели *Rocha Filho et al.* наблюдали значительное повышение уровня калия во время ранней геморрагической фазы [87]. Они также обнаружили, что гиперкалиемия возникает на ранней стадии геморрагического шока после травмы печени. Массивные трансфузии также могут способствовать гиперкалиемии с утечкой калия из сохраненной крови, а высвобождение внутриклеточного калия во внеклеточное пространство из-за гемолиза вызывается механическим возбуждением эритроцитов во время переливания. Исследования на животных показывают, что агрессивная коррекция калия повышает вероятность восстановления спонтанного кровообращения [88].

Любая гиперкалиемия должна быть агрессивно пролечена для восстановления нормальной концентрации калия в сыворотке. Возможные методы медикаментозного лечения гиперкалиемии во время травматической остановки сердца включают защиту сердца (путем добавления кальция) и обратимость оттока клеточного калия с помощью болюсов инсулина. Во время травматической остановки сердца наиболее эффективным способом является введение инсулина в виде болюса, при котором внутривенно вводят 10 ЕД инсулина и 25 г глюкозы путем быстрой инъекции [25]. Тщательно контролируйте уровень калия, поскольку, скорее всего, понадобятся несколько болюсов или непрерывная инфузия. Прагматичным подходом является недавно опубликованный протокол гиперкалиемии Группы травматологической анестезиологии Королевской Лондонской больницы (the Royal London Hospital Trauma Anaesthesia Group). Инфузия 50 МЕ быстродействующего инсулина в 50 мл 50% глюкозы начинается со скоростью 2–3 мл/ч и титруется по уровню калия в сыворотке. Скорость до 200 мл/ч необходима для ограничения уровня калия у пациентов, получающих самые высокие скорости инфузии препаратов крови, успешно реанимированных после травматической остановки сердца или перенесших открытую или эндоваскулярную окклюзию аорты [89].

Введение кальция



Гипокальциемия часто наблюдается у пациентов с различными типами травм. Нормальный диапазон ионизированного кальция у людей составляет 1,15–1,3 ммоль/л. Исследования показали, что легкая гипокальциемия (0,9–1,15 ммоль/л) присутствует у 64% пациентов с травмами при поступлении в больницу. Тяжелая гипокальциемия (<0,9 ммоль/л) была обнаружена у 10% пациентов с травмами и является независимым фактором риска коагулопатии и массивной трансфузии [90,91]. Гипокальциемия может быть результатом потребления в качестве ко-фактора свертывания, внутриклеточного потока кальция из-за ишемии и реперфузии, из-за потери крови (и ионов кальция), а также из-за цитрата, вводимого при переливании крови [92]. Поэтому следует приложить усилия для ограничения количества цитрата, вводимого пациенту с геморрагическим шоком, одновременно устраняя вызванную гипокальциемию [93]. Пациентам перенесших травматическую остановку сердца могут быть полезны серийные анализы газов крови для мониторинга и соответствующего лечения дисбаланса кальция, а если измерение Ca^{2+} недоступно, например, в догоспитальных условиях, можно рассмотреть эмпирическое лечение; эмпирическое введение вне травматической остановки сердца может быть вредным, поскольку как гипо-, так и гиперкальциемия связаны с неблагоприятным исходом [94].

Лечение в постреанимационный период

Лечение после восстановления спонтанного кровообращения потенциально значительно влияет на прогноз. Для пациентов с травматической остановкой сердца, ведение после восстановления спонтанного кровообращения определяется основной причиной. Тем не менее, некоторые вмешательства следует рассматривать для всех пациентов. Они включают транспортировку пациента в крупный травматологический центр (при догоспитальной травматической остановке сердца), проведение соответствующей седации, анальгезии и нервно-мышечной блокады при необходимости и поддержание нормотермии во время транспортировки. При выборе седативного средства приоритет следует отдавать препаратам, которые оказывают минимальное влияние на сердечно-сосудистую стабильность, таким как кетамин или этоmidат, в зависимости от местной доступности и практики. Очень маленькие аддитивные болюсы фентанила также могут использоваться для достижения желаемого анальгетического эффекта.

Следуя протоколу НОТТ, мы можем выделить выбранную стратегию терапии после восстановления спонтанного кровообращения для каждой обратимой причины: гиповолемия и коррекция гемостаза. После начальной фазы агрессивного увеличения объема с фиксированным соотношением можно рассмотреть индивидуальный подход к объемной и гемостатической реанимации. У пациентов после травматической остановки сердца часто развивается выраженная коагулопатия со сниженным уровнем фибриногена. Следует помнить, что свежемороженая плазма имеет



низкое содержание фибриногена. Для решения этой проблемы можно рассмотреть использование концентрата фибриногена в качестве дополнительного компонента сбалансированной трансфузии [95,96].

Прагматичное введение фибриногена всем пациентам с травмами, получающим переливание, не показало улучшения 28-дневной смертности по любой причине [97]. Использование вязкоупругих тестов в сочетании с институциональным протоколом может помочь в целенаправленной гемостатической реанимации, позволяющей точно вводить необходимые компоненты.

- **Оксигенация:** желателно обеспечить расширенный доступ к дыхательным путям после восстановления спонтанного кровообращения, в идеале – интубация трахеи. Крайне важно избегать гипервентиляции, так как она может повысить внутригрудное давление, уменьшить венозный возврат к сердцу и ухудшить коронарную и церебральную перфузию. После восстановления спонтанного кровообращения вентиляцию следует титровать до достижения нормальных уровней кислорода и углекислого газа, принимая стратегию протективной ИВЛ с низкими дыхательными объемами и соответствующим положительным давлением в конце выдоха [98].
- **Напряженный пневмоторакс:** если выполняется пальцевая торакотомия или игольчатая декомпрессия, следует установить плевральные дренажи с водяными затворами. Если была выполнена догоспитальная торакотомия (нестерильная), плевральные дренажи можно установить с использованием стандартных асептических методов в ранее выполненную торакотомическую рану или использовать новый доступ в соответствии с местными рекомендациями и практикой.
- **Тампонада и реанимационная торакотомия:** непосредственно после восстановления спонтанного кровообращения внутренние грудные и межреберные артерии, перерезанные из-за разреза «ракушка», могут начать кровоточить и потребовать пережатия небольшими щипцами-москитами. Во всех случаях пациентов следует без промедления доставить в операционную. Если выполнена РЕВОА, время надувания следует свести к минимуму, чтобы облегчить перевод в операционную, на ангиографию или диагностику по мере необходимости.

ВЫВОДЫ

Подход к травматической остановке сердца и состояниям непосредственно до остановки сердца, требует структурированного подхода, основанного на лечении всех обратимых причин одновременно и быстро. Необходимо быстро выполнять несколько вмешательств, требующих быстрой командной работы. Сложности управления травматической остановкой сердца включают быструю оценку и интеграцию имеющейся



информации и, как следствие, быстрое принятие решений. Управление гипоксией, гиповолемией и ликвидация напряженного пневмоторакса или тампонады сердца являются отличительной чертой лечения, с учетом метаболического гомеостаза, составляющего более тонкий, но фундаментальный подход. Расширенные вмешательства включают реанимационную торакотомию и REBOA, показания, сроки и ограничения которых должны быть известны любому медицинскому работнику, оказывающему помощь пострадавшему с травматической остановкой сердца.

Библиография доступна в оригинальной англоязычной версии данной статьи по адресу:

Carenzo et al. J Anesth Analg Crit Care (2024) 4:66

<https://doi.org/10.1186/s44158-024-00197-9>