

Журнал Wilderness & Environmental Medicine, Volume 25, Issue 4, Supplement, стр. S66–S85, декабрь 2014 года.

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ОБЩЕСТВА ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ (WMS) ПО ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ ПЕРВИЧНОЙ ГИПОТЕРМИИ: ОБНОВЛЕНИЕ 2014 ГОДА.

[Ken Zafren](#), MD; [Gordon G. Giesbrecht](#), PhD; [Daniel F. Danzl](#), MD; [Hermann Brugger](#), MD; [Emily B. Sagalyn](#), MD, MPH; [Beat Walpoth](#), MD; [Eric A. Weiss](#), MD; [Paul S. Auerbach](#), MD; [Scott E. McIntosh](#), MD, MPH; [Mária Némethy](#), MD; [Marion McDevitt](#), DO, MPH; [Jennifer Dow](#), MD; [Robert B. Schoene](#), MD; [George W. Rodway](#), PhD, APRN; [Peter H. Hackett](#), MD; [Brad L. Bennett](#), PhD; [Colin K. Grissom](#), MD

Оригинал статьи - [http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(14\)00326-3/fulltext](http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(14)00326-3/fulltext)

Перевод - Шишкин К.Г.

С целью повышения квалификации клиницистов Общество экстремальной медицины (Wilderness Medical Society, WMS) собрало рабочую группу экспертов для формирования научно-обоснованного руководства по оценке состояния и лечению пострадавших от гипотермии во внебольничных условиях. В данном руководстве представлены основные методы диагностики и лечения и даны рекомендации по ведению пациентов при гипотермии. Рекомендации классифицированы экспертной группой в соответствии с подкрепляющей их законодательной базой и балансом между пользой и возможными рисками при их использовании согласно критериям, разработанным Американской коллегией врачей-специалистов по заболеваниям грудной клетки (ACCP). Также в руководстве озвучены общие подходы к оценке и лечению первичной гипотермии, включающие специфические рекомендации. Это обновленная версия оригинального Практического руководства WMS по внебольничной диагностике и лечению первичной гипотермии, опубликованного в журнале Wilderness & Environmental Medicine 2014; 25(4);425-445.

Введение

Под первичной гипотермией понимается непреднамеренное снижение центральной температуры тела до 35⁰С и ниже. Первичная гипотермия, вызванная условиями внешней среды, может развиваться в любое время года, даже в условиях умеренного или тропического климата. Холод и высокая влажность окружающей среды определяют наибольший риск. Первичная гипотермия может развиваться у людей, работающих или отдыхающих под открытым небом, в том числе у путешественников на природе. На протяжении всей истории первичная гипотермия была проблемой войн и других глобальных катастроф. В дополнение к тому, что гипотермия может происходить во время пребывания в диких условиях, ее развитие часто связано с бродяжничеством или с приемом алкоголя и других веществ, включая наркотические и лекарственные препараты. Гипотермия может происходить во время лечения в палате интенсивной терапии и реанимации (ятрогенная гипотермия). Гипотермия может сопровождать травму, сепсис, заболевания, снижающий уровень метаболизма, такие как гипоэндокринные состояния, а также болезни, нарушающие терморегуляцию, такие как инсульт и онкологическая патология. Терапевтическая гипотермия, которая применяется для нейропротекции у пациентов с остановкой сердца, у которых не вернулось сознание после восстановления спонтанного кровообращения, не входит в сферу интересов данного обзора.

Гипотермия развивается вследствие системной потери тепла телом. Тепло может теряться или возвращаться к телу путем кондукции, конвекции и излучения, а также теряться путем испарения. Кондукция – это прямая передача тепла от теплого объекта холодному при непосредственном контакте между ними. Конвекция – это передача или получение тепла от газа или жидкости, находящихся в движении. Излучение – это передача тепла в форме электромагнитной энергии между двумя объектами, видимыми друг для друга. Испарение – это теплотеря вследствие испарения жидкости, чаще воды, из пота, с мокрой кожи, одежды, или же неосязаемые потери с поверхности кожи или при дыхании.

Человеческое тело поддерживает свою центральную температуру (температуру ядра) на уровне $37\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Центр терморегуляции в гипоталамусе получает информацию от центральных и периферических терморецепторов. Суммарный сигнал от рецепторов запускает цепь безусловных рефлексов, которые инициируют либо усиление потери тепла, например, вазодилатацию и потоотделение, либо его сохранение, например, вазоконстрикцию или дрожь [1]. Периферическое кровообращение также частично регулируется локальной температурой кожи.

Человек произошел из тропиков, поэтому имеет ограниченные возможности для предотвращения развития переохлаждения. Физические упражнения и дрожь могут повышать уровень метаболизма для предотвращения гипотермии, но только при наличии пищевых запасов и адекватной теплоизоляции, и эти его возможности могут быть ограничены условиями внешней среды. Профилактика гипотермии у человека наибольшим образом зависит от него самого, особенно от надетой на нем теплой одежды и используемого им укрытия.

Методы

Общество экстремальной медицины (Wilderness Medical Society, WMS) собрало рабочую группу экспертов с целью разработки научно-обоснованных рекомендаций по профилактике, а также внебольничной диагностике и лечению пострадавших с гипотермией. Эксперты были отобраны WMS на основе клинического или исследовательского опыта в вопросах гипотермии. Рабочая группа обозначила ряд вопросов (Таблица 1) для определения наиболее значимых сторон проблемы и провела поиск соответствующих теме статей в базе MEDLINE по ключевым словам. Ключевыми словами были hypothermia, avalanche, shivering, rewarming. Литературный поиск включал как соответствующие теме статьи, так и ссылки второго порядка. Рабочая группа принимала во внимание только подвергнутые экспертной оценке рандомизированные контролируемые исследования, наблюдательные исследования, серии случаев и отчеты о клинических случаях, затрагивающие вопросы клинической оценки и лечения первичной гипотермии.

ВОПРОСЫ

ОСМОТР В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

- Как следует классифицировать гипотермию по степеням?
- Каков наилучший метод измерения центральной температуры тела?

ДОГОСПИТАЛЬНОЕ ЛЕЧЕНИЕ

- Каким будет лучшее начальное лечение замерзшего пациента, у которого может быть гипотермия?
- Какое лечение будет наилучшим для замерзшего пациента не в состоянии гипотермии или у пациента с легкой гипотермией в полевых условиях?
- Каковы наиболее безопасные принципы перемещения пострадавшего при среднетяжелой и тяжелой гипотермии?
- Каким должно быть наилучшее лечение при среднетяжелой и тяжелой гипотермии?
- Когда следует проводить реанимацию пострадавшему с гипотермией без признаков жизни?
- Когда спасателям следует начинать сердечно-легочную реанимацию (СЛР) у пациента с гипотермией?
- Когда и как пациенту с гипотермией следует проводить дефибрилляцию?
- Какова наилучшая методика проведения СЛР у пациента с гипотермией?
- Каков наилучший метод обеспечения проходимости дыхательных путей у пациента с тяжелой гипотермией?
- Каков наилучший путь обеспечения сосудистого доступа у пациента с гипотермией?
- Каков наилучший путь введения жидкости у пациента с гипотермией?
- Какова роль препаратов для расширенных реанимационных мероприятий (Advanced Life Support, ALS) у пациента с гипотермией?
- Есть ли смысл в проведении чрескожной кардиостимуляции у пациента с гипотермией?
- Как следует лечить предсердные аритмии во время согревания пациента с гипотермией?

ТРАНСПОРТ/СОТИРОВКА

- Как определять, в какое учреждение транспортировать пациента с гипотермией?
- Как определение уровня калия крови может быть использовано для решения вопроса о продолжении СЛР у пациента с гипотермией?

Таблица 1. Вопросы, поставленные авторами.

Рабочая группа оценивала уровень доказательной базы в поддержку каждого диагностического или лечебного метода. Заключение, озвученные в обзорных статьях, не принимались во внимание при формировании рекомендаций, но обзорные статьи, где это было необходимо, использованы для донесения общей информации.

Рабочая группа использовала консенсусный подход для формулирования рекомендаций в отношении каждого метода с учетом его роли в лечебном процессе. Группа классифицировала каждую рекомендацию в соответствии с ее значимостью и степенью ее доказательности, а также балансом между потенциальной пользой и рисками осложнений, используя критерии Американской коллегии врачей-специалистов по заболеваниям грудной клетки (Таблица 2).

Степень	Описание	Оценка "эффект-риски"	Методологическая основа доказательной базы
1A	Сильная рекомендация, высокий уровень доказательности	Эффект значимо преобладает над рисками и возможными осложнениями или наоборот	РКИ без существенных ограничений или неопровержимые доказательства полученных данных
1B	Сильная рекомендация, средний уровень доказательности	Эффект значимо преобладает над рисками и возможными осложнениями или наоборот	РКИ со значимыми ограничениями или убедительные доказательства полученных данных
1C	Сильная рекомендация, низкий уровень доказательности	Эффект значимо преобладает над рисками и возможными осложнениями или наоборот	Результаты наблюдений или серии случаев
2A	Слабая рекомендация, высокий уровень доказательности	Эффект сопоставим с рисками и возможными осложнениями	РКИ без существенных ограничений или неопровержимые доказательства полученных данных
2B	Слабая рекомендация, средний уровень доказательности	Эффект сопоставим с рисками и возможными осложнениями	РКИ доведения со значимыми ограничениями или убедительные доказательства полученных данных
2C	Слабая рекомендация, низкий уровень доказательности	Эффект сопоставим с рисками и возможными осложнениями	Результаты наблюдений или серии случаев

РКИ - рандомизированные контролируемые исследования

Таблица 2. Классификационная схема оценки доказательности клинических рекомендаций АССР.

Патофизиология гипотермии

Главный физиологический эффект охлаждения тканей – это снижение основного обмена и подавление функции центральной и периферической нервной системы. На начальной стадии охлаждения у неврологически интактного пострадавшего преобладает вторичная реакция в ответ на охлаждение кожи [1]. Дрожательный термогенез, инициируемый охлаждением кожи даже при центральной температуре 37⁰С, приводит к повышению уровня метаболизма вследствие работы мышц при дрожании, а также усилению дыхания, сердечного выброса и среднего артериального давления [3]. Эти показатели возрастают только на начальном этапе, пока центральная температура не снизится до 32⁰С, а затем снижаются вместе с дальнейшим понижением центральной температуры [1]. Дрожь пропадает при уровне центральной температуры около 30⁰С и ниже [4]. С того момента, как это произошло, уровень метаболизма падает вслед за снижением центральной температуры.

Клинически первичная гипотермия проявляется преимущественно церебральными и кардиореспираторными симптомами. Активность головного мозга начинает снижаться при центральной температуре около 33-34⁰С и продолжает падать при дальнейшем охлаждении [5,6]. Охлаждение головного мозга проявляется раздражительностью, спутанностью сознания, вялостью, апатией, трудностью принятия решений, сонливостью и, впоследствии, комой.

Снижение температуры головного мозга уменьшает его потребность в кислороде [7]. Это обеспечивает временную защиту головного мозга при аноксических состояниях, таких как вызванная холодом временная остановка сердца или утопление в холодной воде. Холодовой стресс приводит к уменьшению объема циркулирующей крови за счет сочетания индуцированного холодом диуреза, экстравазации плазмы крови и неадекватного приема жидкости [8]. Когда температура сердца снижается ниже 30⁰С, сердечный выброс значительно падает, и, как правило, развивается брадикардия. Нарушение передачи электрических импульсов приводит к развитию аритмий, таких как предсердная или желудочковая экстрасистолия, фибрилляция предсердий и фибрилляция желудочков (ФЖ) [9]. При температуре ниже 28⁰С сердечная мышца подвержена развитию ФЖ, которая может быть спровоцирована ацидозом, гипокарбией, гипоксией или перемещением пострадавшего [1]. Ослабленная реакция дыхательной системы на концентрацию двуокси углерода приводит к гиповентиляции и дыхательному ацидозу [10].

Оценка тяжести состояния в полевых условиях

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПОТЕРМИИ

Большинство современных руководств опирается на стандартную классификацию гипотермии по степени снижения центральной температуры. Гипотермия определяется как легкая при температуре 35-32⁰С, средней степени тяжести – при 32-28⁰С, и тяжелая – при температуре <28⁰С [1, 11-13]. Некоторые эксперты предлагают выделять еще одну категорию – глубокую гипотермию, соответствующую температуре <24⁰С [12] или <20⁰С [1]. Шансы на выживание в этой последней категории представляются крайне низкими, вероятнее всего, в связи с высоким риском развития остановки сердца. Несмотря на то, что использование центральной температуры для классификации гипотермии имеет большое значение, ответ организма на снижение центральной температуры крайне вариабелен у разных индивидуумов, как и любой другой физиологический параметр. Также измерение центральной температуры не всегда доступно во внебольничных условиях [14].

Факторы, влияющие на тактику лечения

Стандартная классификация гипотермии по уровню центральной температуры коррелирует с состоянием системы терморегуляции. От 35⁰С до 32⁰С дрожательный рефлекс состоятелен и возрастает вслед за снижением центральной температуры [15]. Дрожь в целом становится неэффективной при дальнейшем охлаждении, хотя она может быть все еще достаточно сильной и при 31⁰С [4]. При температуре ниже 32⁰С терморегуляция становится еще менее эффективной, и согревание становится возможным только с применением внешнего тепла. При падении центральной температуры ниже 32⁰С происходит дальнейшее снижение уровня сознания. При температуре ниже 28⁰С большинство пациентов не дрожат и находятся в бессознательном состоянии. Существует высокий риск развития ФЖ или асистолии вследствие гипотермии [16].

Рекомендация. Основные ключевые факторы, определяющие тактику оказания помощи при гипотермии, следующие: уровень сознания, интенсивность дрожания и стабильность работы сердечно-сосудистой системы, характеризующаяся уровнем артериального давления и сердечным ритмом (Схема 1). Измеренная центральная температура тела может дать дополнительную полезную информацию (консенсус рабочей группы).

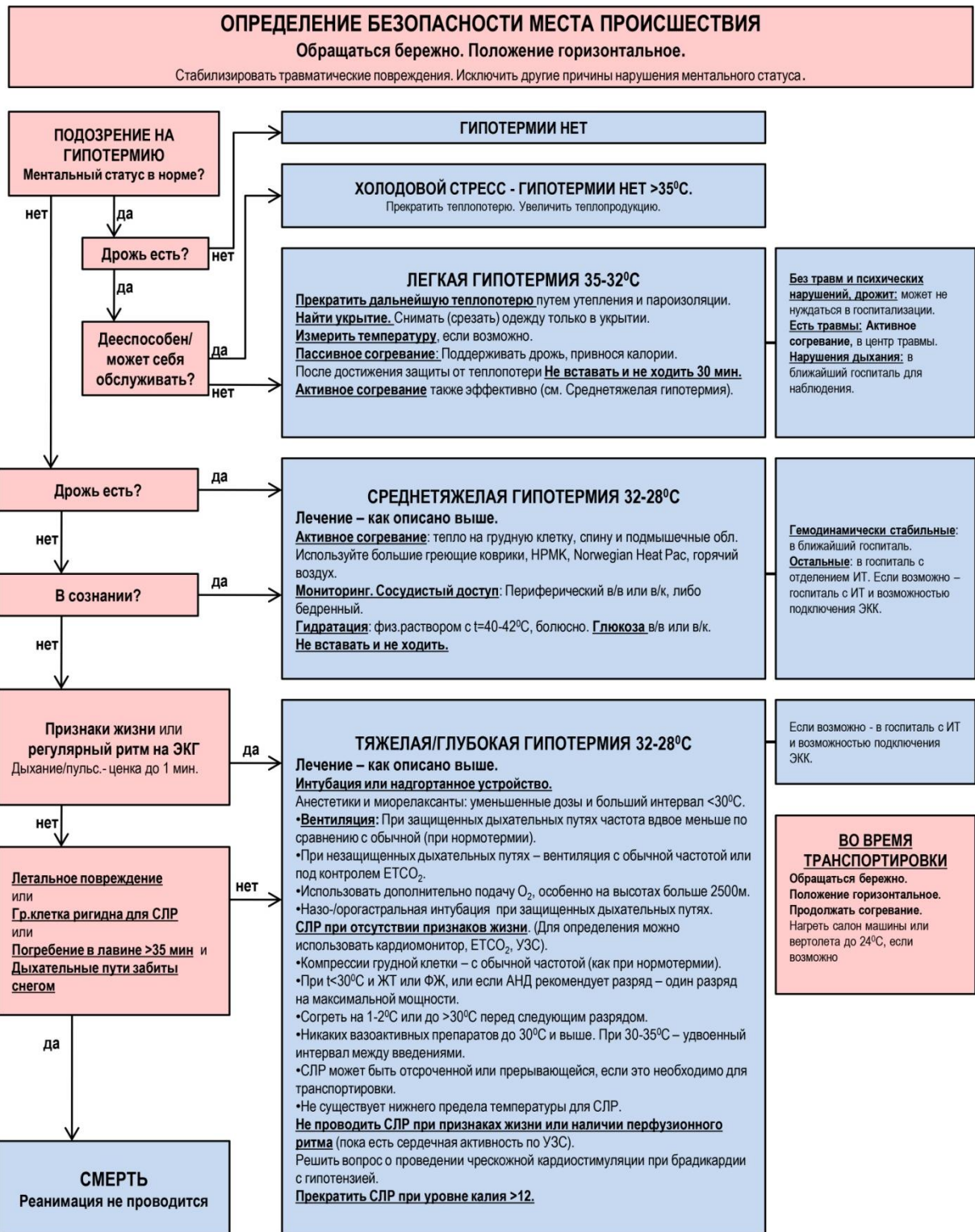


Схема 1. Рекомендации по внебольничной диагностике и лечению первичной гипотермии. ЭКГ - электрокардиограмма; СЛР - сердечно-легочная реанимация; НРМК - Hypothermia Prevention Management Kit (см.далее); в/в - внутривенно; в/к - внутрикостно; ETCO₂ - уровень углекислого газа в выдыхаемом воздухе; ЖТ - желудочковая тахикардия; ФЖ - фибрилляция желудочков; АНД - автоматический наружный дефибриллятор; УЗС - ультразвуковое сканирование; ИТ - интенсивная терапия; ЭКК - экстракорпоральное кровообращение.

Некоторые пациенты – замерзшие, но не в гипотермии

Поскольку дрожательный рефлекс запускается при охлаждении кожи как механизм профилактики гипотермии, пациенты могут быть замерзшими, дрожать, но при этом не быть в состоянии гипотермии. Замерзший дрожащий пациент с центральной температурой $>35^{\circ}\text{C}$ находится в холодовом стрессе, а не страдает гипотермией. Если измерение температуры невозможно, клиническая оценка может быть полезна для определения, страдает пациент гипотермией или же находится в холодовом стрессе, но без гипотермии. Например, пациент, который не был замерзшим до того, как его ненадолго окунули в холодную воду, скорее всего, будет дрожать, но гипотермии у него не будет. Многие пациенты в сознании и с хорошим дрожательным рефлексом, сытые и не уставшие, на самом деле, не находятся в состоянии гипотермии.

Рекомендация. Пациент, который дрожит и не проявляет признаков недееспособности, может обслуживать себя, скорее всего, не страдает гипотермией. Пациент, который дрожит, но становится недееспособным, и с трудом может себя обслуживать, скорее всего, находится в гипотермии. Если есть сомнения в определении состояния, оказывайте помощь так, будто пациент страдает гипотермией (консенсус рабочей группы).

Альтернативная классификация гипотермии

Американская ассоциация кардиологов (АНА) в руководстве по реанимации 2010 года предложила альтернативную классификацию гипотермии: легкая ($>34^{\circ}\text{C}$), средней степени тяжести ($34-30^{\circ}\text{C}$) и тяжелая ($<30^{\circ}\text{C}$). При 30°C и ниже дефибрилляция гораздо менее успешна, чем при температуре $>30^{\circ}\text{C}$.

Рекомендация. Схема, предложенная АНА, не так удобна, как стандартная классификация, поскольку меняет широко распространенные формулировки стадий гипотермии, а также опирается скорее на возможный ответ на дефибрилляцию, чем на физиологические изменения (консенсус рабочей группы).

Классификация гипотермии для использования в полевых условиях – Швейцарская система

Швейцарская классификация гипотермии была разработана, чтоб помочь спасателям косвенно определить центральную температуру по выявленным клиническим признакам [12]. Поскольку холодовой ответ отличается высокой вариабельностью у разных индивидуумов, определение центральной температуры по клиническим симптомам является весьма приблизительным. Стадии по Швейцарской системе градации гипотермии (аббревиатура НТ) с описанием и предполагаемым уровнем центральной температуры следующие:

- НТ I – Сознание сохранено, дрожь есть – $35-32^{\circ}\text{C}$
- НТ II – Сознание нарушено, дрожь отсутствует – $32-28^{\circ}\text{C}$
- НТ III – Сознание отсутствует – $28-24^{\circ}\text{C}$
- НТ IV – Мнимая смерть – $24-13,7^{\circ}\text{C}$
- НТ V – Смерть как результат необратимой гипотермии - $<13,7^{\circ}\text{C}$? ($<9^{\circ}\text{C}$?) [12]

Ограниченность этой системы градации в том, что у разных индивидуумов физиологический ответ на гипотермию сильно варьирует. Дрожь может быть максимально выраженной при температуре $32-33^{\circ}\text{C}$, может продолжаться при 31°C и не исчезать, пока центральная температура не упадет ниже 30°C . Дрожащим пациентам с нарушением сознания и центральной температурой 32°C следует оказывать помощь как при среднетяжелой гипотермии. Для спасателя может быть

рискованным решение опираться на дрожь в приоритете над уровнем нарушения сознания и лечить пострадавшего, как при легкой гипотермии. Существует также много описаний случаев гипотермии, при которых витальные признаки определялись у пострадавших при температуре ниже 24⁰С [18-22]. У таких пациентов крайне высок риск развития фибрилляции желудочков. Система НТ трудна для запоминания. Проще выделять легкую, средней тяжести, тяжелую и глубокую гипотермию.

Рекомендация. Поскольку температурные градации, обозначающие стадии НТ, аналогичны таковым в стандартной классификации, спасателям следует выделять легкую, средней тяжести, тяжелую и глубокую (<24⁰С) гипотермию, опираясь на приведенные в классификации клинические признаки, не забывая при этом, что дрожь может сохраняться при температуре ниже 32⁰С, как правило, уже с нарушением психического статуса, а также то, что у пациентов могут определяться витальные признаки и при центральной температуре ниже 24⁰С (консенсус рабочей группы).

Сопутствующие состояния, затрудняющие использование внебольничной классификации гипотермии

Кроме гипотермии, многие состояния могут приводить к нарушению психического статуса и снижению уровня сознания. Такие состояния, как сепсис или тяжелая травма, снижающие физиологические резервы организма, частично или полностью подавляют дрожательный рефлекс [23]. Многие лекарственные препараты также подавляют дрожь [24].

Рекомендация: Клиницисты должны оценивать другие возможные причины, кроме гипотермии, для объяснения нарушения психического статуса и подавления дрожательного рефлекса, которые не коррелируют с данными измеренной центральной температуры тела или с данными анамнеза, когда человек находился в холодных условиях окружающей среды минимальное время (консенсус рабочей группы).

ИЗМЕРЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Внутрипищеводная термометрия

Наиболее точным малоинвазивным методом измерения центральной температуры является внутрипищеводная термометрия с помощью датчика, помещенного в нижнюю треть пищевода [25]. Степень точности измерений при мониторинге внутрипищеводной температуры может быть полезна при мониторинге лечения среднетяжелой и тяжелой гипотермии. Установка эзофагеального датчика может спровоцировать рвоту и аспирацию. Перед установкой эзофагеального датчика лучшим решением будет защитить дыхательные пути посредством установки эндотрахеальной трубки или надгортанного устройства. Использование подогретого увлажненного кислорода может привести к ложному повышению внутрипищеводной температуры, если эзофагеальный датчик не заведен в нижнюю треть пищевода, в среднем на 24 см ниже гортани у взрослого [1]. Подогретый увлажненный кислород значительно не увеличивает температуру, измеряемую при правильной установке эзофагеального датчика [26-28]. Эзофагеальные датчики, не имеющие меток, могут быть измерены визуально на пациенте до введения и предварительно промаркированы с целью более корректного выбора глубины установки.

Рекомендация. У пациента, дыхательные пути которого защищены эндотрахеальной трубкой или с помощью надгортанного устройства, имеющего порт для установки желудочного зонда, следует

применять мониторинг пищеводной температуры с помощью эзофагеального температурного датчика, установленного в нижней трети пищевода (1С).

Эпитимпаническая термометрия

Эпитимпаническая (внутри слухового прохода) температура, измеренная с помощью мягкого датчика с термистором на конце, размещенного на барабанной перепонке, отражает температуру в сонной артерии [29]. Эпитимпанические термометры не следует путать более распространенными, но менее точными инфракрасными «тимпаническими» термометрами. У пациентов с нормальным сердечным выбросом эпитимпаническая температура отражает уровень центральной температуры тела. Эпитимпаническая температура может быть ниже внутрипищеводной при снижении кровотока (сниженный сердечный выброс) или при его отсутствии (остановка сердца) [24]. Во внебольничных условиях необходима теплоизоляция наружного слухового прохода от внешних условий. При низкой температуре окружающей среды эпитимпаническая термометрия может демонстрировать ложно заниженные значения, особенно если наружный слуховой проход забит серой, заполнен снегом или датчик не прилегает к стенкам канала по всему периметру или не закрывает канал плотно [29]. Эпитимпанические термометры, созданные для использования в условиях операционной, не применимы в полевых условиях, поскольку не предназначены для работы в условиях низких температур окружающей среды.

Рекомендация. Следует использовать эпитимпанические термометры, специально созданные для полевых условий, хорошо изолирующие наружный слуховой проход, у пациентов, дыхательные пути которых не защищены с помощью эндотрахеальной интубации или установки надгортанного устройства, или же при защищенных дыхательных путях, но при недоступности эзофагеального датчика (1С).

Ректальная термометрия в полевых условиях

Использование ректального термометра не рекомендуется до тех пор, пока пациент не эвакуирован из холодных условий окружающей среды, поскольку при этом пациента придется раздевать, тем самым увеличивая теплопотерю и потенциально утяжеляя гипотермию.

Рекомендация. Ректальная температура не должна измеряться в полевых условиях до тех пор, пока пациент не окажется в условиях теплой окружающей среды. *Уровень рекомендации- 1С.*

Оральная термометрия

Оральная термометрия имеет значение только для исключения факта гипотермии. Неэлектронные термометры обычно не способны фиксировать температуру ниже 35,6⁰С. Если для диагностики гипотермии используются ртутные или спиртовые термометры, это должны быть специальные термометры для измерения низких значений температуры [1].

Рекомендация. Следует использовать оральную термометрию с помощью термометра (электронного или жидкостного), способного фиксировать значения ниже 35⁰С, и только для исключения факта гипотермии как таковой (1А).

Ректальная и внутрипузырная термометрия при отогревании

Во время отогревания показатели любой измеренной температуры, кроме пищеводной или тимпанической, включая внутрипузырную или ректальную температуру, будут запаздывать от истинного значения центральной температуры тела на срок до одного часа и давать неверную

картину, что пациент все еще переохлажден [3, 8]. Поскольку изменения внутрипузырной и ректальной температуры запаздывают от изменений температуры сердца, внутрипузырная и ректальная термометрия будет давать ложно-завышенные по сравнению с температурой сердца значения при охлаждении и ложно-заниженные – при отогревании.

Рекомендация. Следует использовать мониторинг ректальной или внутрипузырной температуры при отогревании у пациента без сознания только в том случае, если эзофагеальный или эпителимпанический датчики недоступны. Если для мониторинга температуры при отогревании используется ректальная или внутрипузырная термометрия, следует делать поправку на возможную неточность измерений в связи с запаздыванием изменения измеряемых значений по сравнению с истинным уровнем центральной температуры (1A).

Темпоральная термометрия (термометрия на височной артерии)

Так называемые темпоральные термометры, фиксирующие данные с поверхности кожи, не обеспечивают точного измерения температуры при гипотермии.

Рекомендация. Не следует использовать темпоральный термометр при подозрении на гипотермию (1C).

Термометрия с помощью градиентного датчика теплового потока

Неинвазивные градиентные датчики теплового потока, или термометры «с двойным сенсором», в настоящее время находятся на стадии разработки [31]. При использовании этой технологии, сочетающей в себе сенсор для определения температуры кожи с сенсором теплового потока, значения хорошо коррелируют с внутрипищеводной температурой в условиях операционной и палаты интенсивной терапии [32].

Рекомендация. Поскольку использование данной технологии в полевых условиях формально никак не урегулировано, в настоящее время рекомендаций по ее применению не существует.

ВНЕБОЛЬНИЧНОЕ ЛЕЧЕНИЕ

Безопасность спасателей

Безопасность спасателей является главным приоритетом во время спасения. Место происшествия может быть небезопасно для пребывания в его пределах, либо офицер по безопасности может разрешить войти в опасную зону только на короткое время. Если сразу не обнаружено явных признаков повреждений, не совместимых с жизнью, спасателям, вероятнее всего, придется транспортировать пострадавшего в безопасное место и уже потом принимать решение о проведении реанимации.

Рекомендация. Решение о спасении или проведении реанимации пострадавшего с подозрением на тяжелую гипотермию должно приниматься только после того, как обеспечена безопасность места происшествия и отсутствие угрозы для спасателей, входящих в зону и принимающих соответствующее решение (1A).

С того момента, как обеспечена безопасность спасателей, приоритетами внебольничного лечения пациентов с гипотермией без остановки сердца являются предотвращение сердечно-сосудистого коллапса при спасении, предупреждение дальнейшего снижения центральной температуры (afterdrop) и безопасное согревание человека. Если у пострадавшего от гипотермии

зафиксирована остановка сердца, спасателям следует начинать сердечно-легочную реанимацию, если она показана.

Afterdrop центральной температуры

Термин «afterdrop» означает снижение центральной температуры, продолжающееся после прекращения воздействия холода. Afterdrop складывается из комбинации потери тепла за счет кондукции от теплого «ядра» к холодным периферическим тканям и за счет конвекции через кровь как результат усиления кровообращения в охлажденных периферических тканях с последующим возвратом охлажденной крови к центральным отделам и сердцу [33-35]. Конвекционный компонент имеет большее значение для потери тепла, чем кондукционный, и может быть спровоцирован неправильным согреванием пострадавшего. У переохлажденного человека периферические ткани имеют более низкую температуру, чем сердце. Усиление кровотока в охлажденных периферических тканях вследствие передвижения или отогревания конечностей приводит к охлаждению большого объема крови на периферии и последующему ее возврату к сердцу. Это приводит к повышению нагрузки на сердце и снижению центральной температуры.

Afterdrop может иметь клиническое значение у пациентов, которые находятся в переходной стадии от среднетяжелой к тяжелой гипотермии, поскольку у них есть высокий риск возникновения сердечно-сосудистой нестабильности в ответ даже на небольшое снижение центральной температуры. По литературным данным, у пациентов с гипотермией описан afterdrop до 5-6⁰С [21, 36, 37].

"Спасательный коллапс"

Термин «спасательный коллапс» (circumrescue collapse) описывает потерю сознания или внезапную смерть, развивающиеся у пострадавших, находящихся в холодной воде, непосредственно перед, во время или после спасения и извлечения из воды [38]. Спасательный коллапс может возникать вследствие жизнеугрожающего падения артериального давления или внезапно развившейся ФЖ [3].

Процесс извлечения пострадавшего из воды снижает оказываемое на него гидростатическое давление [3], в норме наиболее сильное в области нижних конечностей. Прекращение действия этого гидростатического давления приводит к депонированию в них крови, что уменьшает венозный возврат и, как результат, приводит к гипотензии и сердечно-сосудистому коллапсу. Охлажденное сердце может оказаться неспособно компенсировать снижение давления увеличением сердечного выброса. Кровь, которая возвращается из периферических вен, будучи уже охлажденной, приводит к падению центральной температуры (afterdrop). Afterdrop будет более выражен, если пострадавший сам участвует в собственном спасении, помогая спасателем, например, поднимаясь на корабль по веревочной лестнице [38, 39]. Механическая стимуляция сердца во время извлечения и спасения в сочетании с развитием ацидоза и afterdrop может спровоцировать ФЖ [40].

Когда спасение ожидается, психологическое успокоение пострадавшего, находящегося в сознании, может послужить причиной снижения выброса катехоламинов и, как следствие, снижения артериального давления, потери сознания и утопления [40]. Спасательный коллапс также был описан при спасении из-под завалов [18, 41].

Обращение с пострадавшим с гипотермией во время спасательной операции

Приведение пострадавшего в горизонтальное положение смягчает эффекты уменьшения гидростатического давления во время спасательной операции [38]. Исключение всяких физических усилий спасаемого защищает от развития afterdrop и дальнейшего падения центральной температуры [39]. Воздержание от психологического успокоения пострадавшего помогает поддерживать стимуляцию катехоламинами.

Рекомендация. Спасателям следует поддерживать пострадавшего с гипотермией в горизонтальном положении, особенно при извлечении из воды или ледниковых трещин (1B) и ограничивать физическую активность пациента во время спасения (1B). Если пострадавший в сознании, следует поддерживать его в психологическом тоне и мотивировать на выживание (1C).

Осторожное обращение с пострадавшим для предотвращения фибрилляции желудочков

Гипотермия снижает пусковой порог для возникновения фибрилляции желудочков, особенно при снижении центральной температуры ниже 28°C [1]. Перемещение или значительное согревание конечностей, например, погружение их в теплую воду, увеличивает кровоток через охлажденные ткани, после чего уже охлажденная кровь возвращается к ядру. Это может приводить к охлаждению сердца и увеличивает риск развития ФЖ [16, 42, 43]. Увеличение венозного возврата также может приводить к увеличению нагрузки на сердце, насосная функция которого уже заведомо нарушена.

Рекомендация. С пациентом, страдающим гипотермией, следует обращаться осторожно и продолжать поддерживать его горизонтальное положение (1B). Следует избегать резких воздействий, особенно движений в конечностях, которые могут спровоцировать ФЖ (1B). Как только пациент оказывается в тепле, одежду следует срезать с пострадавшего, а не снимать вручную (1B).

Защита от дальнейшей потери тепла

После спасения их холодных условий окружающей среды следующим приоритетом при оказании помощи пострадавшему с гипотермией на догоспитальном этапе является поддержание центральной температуры и предотвращение дальнейшей потери тепла.

От потери тепла защищает термоизоляция. Теплоизолирующие слои, кроме дополнительной одежды, могут включать в себя одеяла, спальники, теплоизолирующие коврики и упаковочную пузырчатую пленку [44, 45]. Упаковочная пузырчатая пленка является эффективным паронепроницаемым барьером, но обеспечивает меньшую, чем другие материалы, теплоизоляцию [44, 45]. Большое количество тепла может теряться в землю посредством кондукции [46]. Значительное количество тепла также может теряться с головы и шеи, поскольку лицо приходится держать открытым для обеспечения возможности дыхания.

Паронепроницаемый барьер, который защищает от потерь тепла вследствие конвекции и испарения, может состоять из пузырчатой упаковочной пленки, брезента, полиэтиленовой пленки, отражающего одеяла или мусорного мешка с вырезом для лица. Паронепроницаемый барьер также должен защищать подлежащие слои от намокания. Обычно паронепроницаемый слой формируется поверх всех остальных слоев [45, 48], но может быть также помещен между мокрой одеждой и наружными сухими утепляющими слоями.

Дополнительные утепляющие слои могут компенсировать отсутствие ветрозащитного и паронепроницаемого слоев [48]. Комбинированный метод, включающий в себя и утепляющие слои, и паронепроницаемый барьер является наиболее эффективным [45].

Рекомендация. Следует защитить пострадавшего от дальнейших потерь тепла, используя дополнительное утепление и паронепроницаемый барьер, до тех пор, пока пациент не будет перемещен в тепло, например, в помещение или машину скорой помощи. Следует удалить мокрую одежду, предпочтительнее – срезать ее, но только если пациент при этом защищен от потери тепла (1С). Необходимо также позаботиться о теплоизоляции человека от поверхности земли (например, с помощью туристического коврика) для предотвращения теплопотери за счет кондукции, а также о защите от охлаждения головы и шеи путем укрывания области вокруг лица настолько эффективно, насколько это возможно (1С).

Защита от ветра

В условиях ветра ветрозащитный слой, в идеале – являющийся и паронепроницаемым барьером, обеспечивает надежную защиту от теплопотери путем конвекции [44].

Рекомендация. Следует использовать внешний ветрозащитный слой для защиты пациента от ветра и особенно от воздушного потока, создаваемого винтом при погрузке и выгрузке из вертолета (1С).

ОТОГРЕВАНИЕ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

С того момента, как пациент защищен от дальнейшей потери тепла, следующей приоритетной задачей становится согревание пострадавшего. Поскольку развитие такого эффекта как afterdrop может привести к гемодинамической нестабильности и фибрилляции желудочков, метод согревания должен минимизировать вероятность его развития, даже ценой более медленного согревания в целом. Важно ограничить возможность развития afterdrop путем ограничения движений в конечностях и поддержанием горизонтального положения пострадавшего. Большинство пострадавших с нарушенным сознанием требуют активного согревания.

Дрожь

Выраженная дрожь увеличивает уровень метаболизма в 5-6 раз по сравнению с состоянием покоя до значений, соответствующих 50% его максимума [4, 49]. Дрожь может вызывать прирост центральной температуры от 3⁰С/час до 4⁰С/час [24, 50], но только за счет большого количества энергии, стрессорной реакции сердечно-сосудистой системы и дискомфорта для самого пострадавшего [16].

Рекомендация. Дрожь – эффективный метод отогревания для пациента, который замерз, но не в гипотермии, либо при легкой гипотермии. Пациент должен иметь достаточный энергетический запас для поддержания дрожания и быть хорошо одет и защищен от окружающей среды для сохранения тепла, которое сам вырабатывает (1А).

Энергия для поддержания дрожательного термогенеза

Традиционный метод для обеспечения необходимой энергией с целью поддержки дрожательного термогенеза – дать теплое сахаросодержащее питье. Теплое питье само по себе не может дать клинически значимое количество тепла, но содержащиеся в нем углеводы являются «топливом» для дрожания.

Рекомендация. Пациент в сознании, с сохраненным дрожательным рефлексом и без риска развития аспирации должен получать питье и пищу с большим содержанием углеводов. Питье и пища могут быть теплыми, но не настолько, чтоб стать причиной ожогов (1С).

Не стоять и не ходить в ближайшее время

В положении стоя увеличивается приток крови к нижним конечностям и, соответственно, отток крови от них, что усиливает afterdrop и может снижать артериальное давление [25]. Ходьба или другая физическая работа продуцирует дополнительное тепло, но если это происходит немедленно после спасения, физическая работа может усилить afterdrop центральной температуры, в отличие от ситуации, когда это происходит отсроченно.

Рекомендация. Первоначально, сразу после спасения, не следует позволять пострадавшему при гипотермии стоять или передвигаться пешком (1С).

Избегать физических нагрузок для защиты от afterdrop

Когда пострадавший защищен от дальнейшей потери тепла и имеет адекватные энергетические запасы, наиболее эффективным спасением для пострадавшего может быть самостоятельное передвижение. Если же дать пострадавшему подрожать в течение 30 минут, будучи укутанным, до самостоятельного передвижения, это может быть полезно для уменьшения риска развития afterdrop [39].

Рекомендация. Пациенту с сохраненным дрожательным рефлексом и с подозрением на гипотермию следует сохранять тепло настолько, насколько это возможно, а также давать ему источники калорий и наблюдать в течение 30 минут. Требуется пристальное наблюдение за пострадавшим. Пострадавшему без нарушения сознания можно разрешить вставать. Если пациент может стоять без особых затруднений, можно разрешать физическую активность от малой интенсивности и далее постепенно увеличивать ее, исходя из переносимости нагрузки пострадавшим (1С).

Активное наружное согревание

Методы наружного согревания, используемые в полевых условиях, применимы как у пациентов с сохраненным дрожательным рефлексом, так и при его угнетении. Методы активного (экзогенного) согревания, такие как большие электронагревательные коврики или одеяла [51], большие греющие маты химического действия [52, 53], бутылки с теплой водой [54] и норвежские хит-паки (Heat Pac), работающие на принципе сгорания угля (Normeca, Loerenskoeg, Norway) [16, 51, 55], обеспечивают значительное количество тепла. У пострадавшего с сохраненным дрожательным рефлексом дополнительное внешнее тепло будет ослаблять собственный дрожательный термогенез. В результате скорость прироста центральной температуры будет такая же, как и при согревании только за счет дрожания, но это даст дополнительные положительные стороны в виде большего комфорта для пострадавшего и меньшего расхода энергетических запасов в связи с менее интенсивной работой сердца. У пострадавшего с угнетенным дрожательным рефлексом дополнительное тепло будет, хоть и медленно, нагревать тело, которое не может согреваться самостоятельно в связи со снижением метаболической теплопродукции. Хит-паки следует использовать с осторожностью, поскольку они могут продуцировать монооксид углерода (CO) в потенциально токсической концентрации [28].

Рекомендация. Следует использовать большие нагревательные маты, если они доступны (1B). Источники тепла должны применяться вместе с паронепроницаемым барьером и теплоизолирующими слоями (1C). Хит-паки должны применяться только на открытом воздухе или при наличии адекватной вентиляции под тщательным наблюдением (1B).

Согревание «от тела к телу»

Согревание «от тела к телу» пострадавшего с сохраненным дрожательным рефлексом теплом другого человека, лежащего с ним в одном спальнике, притупляет дрожательный рефлекс, в результате чего скорость согревания пострадавшего будет не больше, чем в случае, если бы пострадавший согревался только за счет дрожания [50, 51]. Согревание «от тела к телу» является более комфортным для пострадавшего, поскольку уменьшает выраженность дрожательного рефлекса, но это достигается ценой задержки эвакуации.

Рекомендация. Согревание «от тела к телу» может использоваться при легкой гипотермии для обеспечения температурного комфорта пострадавшего, но только при наличии достаточного количества спасателей, и если это не задерживает эвакуацию пациента к месту оказания квалифицированной помощи (1B).

Помещение источников тепла в подмышечные области, на грудную клетку и на спину

Наружное тепло наиболее эффективно, если оно сконцентрировано в области подмышечных впадин, грудной клетки и спины (в такой последовательности). Данные области имеют наибольший потенциал для передачи тепла посредством кондукции [46]. Согревание области торса безопаснее и эффективнее, чем согревание конечностей [56].

Рекомендация. Помещайте источники тепла в области подмышечных впадин, грудной клетки и спины. Большие нагревательные коврики следует накладывать вокруг грудной клетки, а если позволяет их размер, то с захватом подмышечных областей и под спину (1B). Дополнительные источники, если таковые доступны, можно поместить на область шеи, при соблюдении всех мер предосторожности, предотвращающих потерю тепла с данной анатомической области (1C). Следует избегать помещения наружных источников на область конечностей, но в то же время нет необходимости специально изолировать руки от грелок, помещенных на грудную клетку (1B).

Набор для профилактики и лечения гипотермии (Hypothermia Prevention Management Kit, НРМК)

В армии США разработан специальный набор для профилактики и лечения гипотермии (Hypothermia Prevention Management Kit, НРМК). Данный набор состоит из теплоотражающего слоя (Heat-Reflective Shell, HRS) и греющего одеяла (Ready-Heat blanket) с 4-мя нагревательными элементами, поддерживающими 6 часов непрерывной продукции тепла. Эта комбинация оказалась весьма эффективной для предотвращения потери тепла в исследованиях на манекенах [57], при этом она также обеспечивает внешнее согревание. Наборы НРМК можно найти в свободной продаже.

Рекомендация. Набор НРМК может использоваться как удобный и эффективный способ предотвращения потери тепла и обеспечения наружного согревания (1C).

Защита охлажденной кожи

Охлажденная кожа весьма уязвима для травм вследствие прямого давления или воздействия тепла [58]. Имеются показательные описания случаев возникновения ожогов при использовании

бутылок с теплой, но не горячей водой, приложенных напрямую к охлажденной коже [59], а также при использовании НРМК [57].

Рекомендация. Избегайте локального давления на охлажденную кожу. Не стоит прикладывать источник тепла напрямую к коже. Следует применять барьер для предотвращения ожогов кожи при использовании химических или электрических грелок или бутылок с теплой водой (1C).

Не используйте химические грелки малого размера для согревания пострадавшего

Малые химические грелки (например, те, что используются для отогревания кистей и стоп) не обеспечивают достаточного количества тепла, способного повлиять на уровень центральной температуры. В дополнение к этому, высокая температура на поверхности таких грелок обуславливает высокий риск возникновения термических ожогов.

Рекомендация. Не используйте для согревания пациента при гипотермии малые химические грелки (1B). Малые химические грелки могут использоваться для профилактики обморожений кистей и стоп во время лечения и транспортировки (1C).

Нагретый увлажненный кислород

В то время как использование нагретого увлажненного кислорода предотвращает потерю тепла посредством дыхания, возможности теплообмена в респираторном тракте ограничены. Нагретый увлажненный кислород неэффективен в качестве самостоятельного метода согревания [26-28], но может использоваться в сочетании с другими методами [26]. Применение нагретого увлажненного кислорода потенциально опасно развитием ожогов лица [28].

Рекомендация. Нагретый увлажненный кислород может использоваться в сочетании с другими методами согревания (2C), но не может рассматриваться как самостоятельный метод (1B).

Не применяйте теплый душ или теплую ванну для согревания

Теплый душ или теплая ванна значительно увеличивают периферический кровоток, способствуют развитию afterdrop, и могут вызвать гипотензию [25, 35]. Использование теплого душа или ванны, даже при легкой гипотермии, может вызвать сердечно-сосудистый коллапс.

Рекомендация. Не применяйте для согревания теплый душ или ванну, даже если у пострадавшего только легкая степень гипотермии (1C).

Согревание дистальных отделов конечностей

Согревание дистальных отделов конечностей путем погружения их в воду с температурой 42-45⁰С до уровня локтевых и коленных суставов эффективно при согревании пациентов в сознании, страдающих легкой гипотермией [8]. Этот метод работает за счет открытия артериовенозных шунтов кистей и стоп, способствующего повышению возврата теплой крови от конечностей напрямую к ядру. Это является исключением из общего правила о том, что согревание периферических тканей при гипотермии противопоказано. Поскольку нагретая кровь в поверхностных венах протекает вблизи холодных артерий, при этом происходит небольшой теплообмен. В рамках одного лабораторного исследования при использовании данного метода выявлено, что afterdrop, развивающийся при использовании этого метода, был ниже, чем при обычном дрожании [8]. Согревание дистальных отделов конечностей в воде затруднительно для

применения при транспортировке во внебольничных условиях. Данная методика была разработана для использования на кораблях.

Рекомендация. Согревание дистальных отделов конечностей путем погружения в воду с температурой 42-45⁰С до уровня локтевых и коленных суставов может применяться для отогревания пациента при легкой гипотермии (1С).

Отогревание во время транспортировки

Отогревание пациента во время его транспортировки затруднительно. Рандомизированное контролируемое исследование по изучению оказания помощи в условиях вертолета и наземного транспорта для обеспечения расширенного комплекса поддержания жизни (Advanced Life Support, ALS) показало небольшое увеличение центральной температуры при использовании химических нагревательных ковриков, но снижение ее при пассивном согревании, применении отражающих одеял, инфузии теплых растворов, а также при сочетании инфузии теплых растворов в сочетании с отражающими одеялами [52].

Конвекционное согревание теплым воздухом, обычно при помощи объемного пластикового одеяла, в котором обеспечивается постоянный поток нагретого воздуха через перфорации в нижней его части, является эффективным методом для отогревания пациента при гипотермии [26, 60, 61]. В одном из исследований было продемонстрировано, что afterdrop при согревании с помощью конвекционного воздушного одеяла ниже, чем при обычном дрожании [62]. Использование таких воздушных одеял эффективнее и практичнее, чем одеял, наполненных жидкостью.

Рекомендация. При транспортировке наземным или воздушным путем следует использовать согревание потоками теплого воздуха, если оно доступно (1А). Если такой способ согревания недоступен, может быть продолжено использование грелок, включая НРМК. Особое внимание следует уделять профилактике повышения содержания СО при использовании угольных хит-паков (HeatPac) в наземном транспорте. Это может быть достигнуто, если активировать его вне автомобиля и заносить внутрь после прекращения начального дымообразования, обеспечивать качественную вентиляцию салона автомобиля и постоянно контролировать уровень СО (1С). Не следует использовать HeatPac в условиях воздушного судна (1С).

Температура в салоне наземного или воздушного транспортного средства

Идеальная температура в отсеке салона для пациента – не менее 28⁰С; это температура, при которой раздетый неподвижный человек в нормотермии не будет ни терять тепло, ни перегреваться [1]. Нагревание салона будет защищать его от потери тепла в ситуациях, когда следует открывать его тело для осмотра или других процедур. В то же время, температура 28⁰С обычно некомфортна для пилотов, водителей и медицинских работников. Несколько более низкая температура 24⁰С все так же будет предотвращать потерю тепла, но гораздо лучше переноситься персоналом.

Рекомендация. Температура в отсеке салона для пациента в наземном и воздушном транспорте должна поддерживаться, если возможно, на уровне не менее 24⁰С для уменьшения дальнейшей теплопотери. (1С)

Лечение пациентов в холодовом стрессе, без гипотермии

Замерзший пациент с сохраненным сознанием и дрожательным рефлексом, имеющий адекватные энергетические запасы и не находящийся в состоянии гипотермии, имеет крайне низкий риск развития afterdrop или спасательного коллапса.

Рекомендация. Пациенту в холодовом стрессе, не в гипотермии, не требуется обеспечивать горизонтальное положение. Если это необходимо, пациенту можно позволить заменить мокрую одежду на сухую, не прибегая к использованию какого-либо укрытия. Пациенту можно сидеть, есть и пить для поддержания энергетических резервов и гидратации, он может передвигаться или поддерживать двигательную активность, если это необходимо (Консенсус рабочей группы)

РЕАНИМАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ГИПОТЕРМИИ

Принятие решения о проведении реанимации у пациента в гипотермии без признаков жизни

Пациенты при гипотермии выживали без развития неврологического дефицита даже после остановки сердца [18, 63-65]. Многие из обычных признаков смерти, такие как расширенный зрачок, отсутствие его реакции на свет, значительное окоченение, не показательны при гипотермии [63, 64]. «Трупные» пятна тоже указываются как ненадежный индикатор биологической смерти при гипотермии, однако доказательств этого недостаточно.

Рекомендация. Расширенный зрачок, отсутствие его реакции на свет, окоченение, «трупные» пятна не являются противопоказанием для реанимации пациента с тяжелой гипотермией (1A для зрачковых симптомов и окоченения; 2C для «трупных» пятен). Если нет противопоказаний для проведения сердечно-легочной реанимации (СЛР), спасателям не следует терять надежду и стоит начинать реанимацию (1A).

Противопоказания для реанимации при гипотермии

Афоризм «никто не может быть признан мертвым, пока не согрет и не признан мертвым» основан на трудностях диагностики биологической смерти у пациентов с гипотермией в полевых условиях. Тем не менее, некоторые пациенты действительно холодны и мертвы. Общие противопоказания для проведения реанимации включают в себя явные не совместимые с жизнью повреждения, такие как декапитация, открытая травма головы с потерей ткани мозга, рассечение туловища, полное сгорание тела, а также ригидность грудной клетки, выраженная настолько, что не позволяет проводить компрессии [66].

Рекомендация. Не начинайте реанимацию пострадавшего с явными не совместимыми с жизнью повреждениями, а также если выраженная ригидность его грудной клетки не позволяет проводить компрессии (1A).

Противопоказания для реанимации пострадавших в лавине

Жертвы лавин, погребенные в них в течение 35 минут и более с дыхательными путями, явно забитыми снегом или льдом, погибли от асфиксии и не могут быть успешно реанимированы (см. раздел «Лавины» ниже)

Рекомендация. Не начинайте реанимацию пострадавшего, который был погребен в лавине в течение 35 минут и более и у которого при этом дыхательные пути явно забиты снегом или льдом. (1A).

Показания для сердечно-легочной реанимации

СЛР показана только при остановке сердца. СЛР противопоказана, если есть признаки жизни. У пациента при гипотермии во внебольничных условиях выявить признаки жизни бывает очень трудно. Частота сердечных сокращений может быть очень низкой, а пульс очень слабым и с трудом определяемым при пальпации. Традиционный метод определения пульса путем попытки почувствовать его пальцем, помещенным на определенную область, ограничен из-за холода. В холодных пальцах снижается тактильная чувствительность. Дыхание может быть очень медленным и поверхностным, но может определяться при отсутствии пальпируемого пульса [20]. При отсутствии кардиомониторинга диагностика остановки сердца может быть затруднена.

Рекомендация. Спасатели должны использовать любую возможность для перемещения пациента в теплое место, как то наземное или воздушное транспортное средство «скорой помощи» или медицинское учреждение, где доступен кардиомониторинг, для контроля в процессе реанимации и начала согревания пострадавшего (1С).

До начала реанимации проверяйте пульс на сонной артерии в течение 1 минуты. При отсутствии определяемого пульса в течение 1 минуты начинайте СЛР, включая искусственное дыхание (1С).

Электрокардиографический мониторинг

Электрокардиография является лучшим методом диагностики остановки сердца в полевых условиях. Зафиксированный ритм при отсутствии определяемого пульса может быть связан с электромеханической диссоциацией (ЭМД) или быть перфузионным ритмом с очень слабым пульсом. Инициация СЛР у пациента в гипотермии с сохраненной электрической активностью несет риск развития ФЖ, которая может перевести перфузионный ритм в неперфузионный. Если доступен мониторинг содержания CO_2 в выдыхаемом воздухе (ETCO_2), снижение волн будет означать недостаточность кровообращения и отсутствие метаболизма [11]. Если доступно ультразвуковое исследование, эхокардиография может использоваться для определения наличия сердечных сокращений в ответ на его электрическую активность [11].

Рекомендация. СЛР должна быть начата при выявлении неперфузионного ритма, включая желудочковую тахикардию (ЖТ), ФЖ или асистолию. При наличии сердечного ритма с оформленными QRS-комплексами (даже при ЖТ), не следует начинать СЛР (1С), пока ETCO_2 -мониторинг не выявит снижение перфузии или эхокардиография не покажет отсутствие сердечных сокращений в ответ на его электрическую активность (1В).

Автоматический наружный дефибриллятор (АНД)

Если доступен автоматический наружный дефибриллятор (АНД), оборудованный функцией мониторинга ритма, он может быть использован для кардиомониторинга. АНД также может использоваться для диагностики остановки сердца при отсутствии кардиомонитора. Патологические сердечные ритмы, которые могут быть купированы путем кардиоверсии или дефибрилляции – это ЖТ и ФЖ. ЖТ редко развивается при среднетяжелой и тяжелой гипотермии. Если АНД определяет ситуацию как «показан разряд», это означает, что зафиксированный ритм – это ЖТ или ФЖ. Если АНД без возможности мониторинга определяет, что «разряд не показан», это может означать асистолию или организованный ритм, которым может быть ЭМД.

Рекомендация. Если АНД определяет, что показан разряд, проведите дефибрилляцию и начинайте СЛР. Если разряд не показан, пульс на сонной артерии не определяется в течение 1

минуты, нормальное дыхание или другие признаки жизни не определяются, а ультразвуковое исследование для верификации активности сердца и пульса недоступно, начинайте СЛР (1С).

Отсроченная СЛР, прерывающаяся СЛР и продолженная СЛР

Охлаждение снижает потребность в кислороде большинства тканей в состоянии покоя примерно на 6% на каждый 1^oС снижения температуры, большее снижение этого показателя наблюдается в мозговой ткани. Гипотермия в большей степени защищает мозг от гипоксии. При уровне центральной температуры 28^oС общая потребность тела в кислороде составляет около 50% от нормальной [1], в то время как потребность головного мозга в кислороде может снижаться до 35% от нормальной [7]. При очень низких значениях центральной температуры головной мозг может выдерживать остановку кровообращения более 30 минут [11, 41]. Описано множество случаев полного неврологического восстановления даже после продолжительного периода остановки сердца, даже до 8 часов 40 минут [68], у пострадавших без развития асфиксии до того, как наступила гипотермия. Были случаи успешной реанимации с хорошим неврологическим исходом даже после длительной, до 6 часов 30 минут, СЛР [18, 68-71]. Продолжительная остановка сердца при тяжелом переохлаждении не обязательно приводит к повреждению головного мозга, как это происходит при нормотермии.

Классический подход к проведению СЛР требует незамедлительного ее начала и постоянного и непрерывного ее проведения, пока не будет зафиксировано восстановление спонтанного кровообращения. Но это не относится к пациентам в тяжелой гипотермии. В одном отчете описывается случай успешной реанимации пациента с гипотермией, извлеченного из лавины, с полным неврологическим восстановлением, несмотря на то, что СЛР была начата лишь спустя 15 минут после зарегистрированной остановки сердца [18]. В другом отчете пострадавший в лавине был извлечен без определяемого пульса и дыхания после 5-часового погребения в ледниковой трещине. Попытки реанимации не предпринимались, но пациент был доставлен по воздуху в ближайшую больницу, где на ЭКГ зафиксирована асистолия. СЛР была начата через 70 минут после спасения. Пациент выжил с полным неврологическим восстановлением [41]. Третий отчет о клиническом случае описывает пример успешной реанимации пациента при гипотермии с хорошим неврологическим восстановлением, который получал лечение во время эвакуации в виде периодической СЛР, проводимой на неподвижных носилках в течение 1 минуты, а затем в течение 1 минуты транспортировался без СЛР [70].

Рекомендация. У пациентов с тяжелой или глубокой гипотермией СЛР может быть отсроченной («откапывай и транспортируй») или проводиться с перерывами во время транспортировки, если технически невозможно или небезопасно проводить постоянную СЛР (1С). СЛР при необходимости может проводиться несколько часов (1В).

Не существует нижнего порога температуры для реанимации

Самая низкая известная температура тела при первичной гипотермии, при которой была проведена успешная реанимация, была 13,7^oС [72]. Самая низкая зафиксированная температура при терапевтической индуцированной гипотермии составила 9^oС [73]. В обоих случаях пациенты выжили без неврологического дефицита. В отличие от первичной гипотермии, индуцированная гипотермия, применяемая в сердечно и сосудистой хирургии, обычно до 10^oС, - это тщательно контролируемая ситуация. Нижняя температурная граница, при которой возможно успешное оживление при первичной гипотермии у человека, остается неизвестной. Предлагалось установить такой нижний порог на уровне 10^oС. Несмотря на крайне низкую вероятность того, что

реанимация при первичной гипотермии ниже 10°C будет успешной при применении существующих на настоящий момент методов, убедительных доказательств существования нижнего температурного порога для успешной реанимации нет.

Рекомендация. Если нет противопоказаний для проведения СЛР или ее прекращения, продолжайте попытки реанимации пациента, даже если центральная температура, измеренная с помощью эзофагеального датчика в нижней трети пищевода, ниже 10°C (2С).

Низкоамплитудные QRS-комплексы при гипотермии

У пациентов гипотермии амплитуда регистрируемых QRS-комплексов может быть снижена [9].

Рекомендация. Если доступен кардиомонитор, используйте максимальные настройки чувствительности для регистрации наличия QRS-комплексов (1С).

Первая дефибрилляция при гипотермии

Дефибрилляция показана только при определенных нарушениях сердечного ритма (ЖТ без пульса или ФЖ). АНД произведет разряд только в том случае, если зарегистрированный им ритм будет соответствовать ЖТ или ФЖ. Современный подход к реанимации в отношении пациентов с центральной температурой менее 30°C рекомендует производить однократный разряд максимальной силы [11, 17, 74].

Рекомендация. Если у пациента с центральной температурой ниже 30°C кардиомонитор или дефибриллятор регистрируют ЖТ или ФЖ, или АНД рекомендует проведение дефибрилляции, произведите однократный разряд максимальной силы (1С).

Повторные попытки дефибрилляции при гипотермии

В литературе описаны случаи успешной дефибрилляции у пациентов при центральной температуре ниже 26°C [75-77]. Если попытка дефибрилляции при температуре ниже 30°C безуспешна, дальнейшие попытки дефибрилляции на фоне согревания до температуры менее 30°C могут быть успешны и поэтому оправданы. Ниже 30°C успех дефибрилляции менее вероятен, чем при температуре выше 30°C . Дефибрилляция у пациентов, центральная температура у которых достигла значений выше 30°C , должна проводиться согласно тем же правилам, что и при нормальной температуре [11].

Рекомендация. Дождитесь, пока температура тела пациента при отогревании поднимется на $1-2^{\circ}\text{C}$ или до значения 30°C , прежде чем произвести следующий разряд (2С). Как только центральная температура достигла 30°C , следуйте рекомендациям по дефибрилляции при нормальной температуре (1С).

Техника СЛР при гипотермии

Грудная стенка у пациента при гипотермии обладает повышенной ригидностью, что ограничивает эффективность компрессий или вентиляции с помощью дыхательного мешка. Эластичность миокарда и легочной ткани при тяжелой гипотермии также значительно снижена. При СЛР, проводимой на фоне гипотермической остановки сердца у свиней [78], показатели сердечного выброса, мозгового кровотока и миокардиального кровотока составили 50%, 55% и 31% соответственно от этих же показателей при компрессиях грудной клетки, выполняемых при нормотермии. В то же время метаболические потребности также снижены.

Рекомендация. При остановке сердца на фоне гипотермии выполняйте компрессии грудной клетки с той же частотой, как при нормотермии (1С).

Легочная вентиляция при гипотермии при незащищенных дыхательных путях

Гипервентиляция имеет много потенциально вредных эффектов при гипотермии, включая снижение мозгового кровотока. Как было показано в исследованиях на свиньях, возможности вентиляции при незащищенных дыхательных путях ограничены из-за сниженной эластичности грудной клетки [78]. Мониторинг $ETCO_2$, если он доступен, может быть использован для предупреждения гипервентиляции.

Рекомендация. При отсутствии мониторинга $ETCO_2$ проводите вентиляцию с той же частотой, что и при нормотермии [11, 17], пока дыхательные пути не будут защищены (см. ниже) (2С).

Легочная вентиляция при гипотермии при защищенных дыхательных путях

Если пациент интубирован, или установлено надгортанное устройство, легочная вентиляция гораздо более эффективна, чем при незащищенных дыхательных путях.

Рекомендация. У пациентов с защищенными дыхательными путями, если отсутствует мониторинг $ETCO_2$, проводите вентиляцию с частотой, вдвое меньшей, чем рекомендовано при нормотермии, во избежание гипервентиляции (1С).

Контроль $ETCO_2$

Мониторинг $ETCO_2$ может быть использован для поддержания нормальных значений $ETCO_2$. Нормальные показатели $ETCO_2$ зависят от высоты над уровнем моря.

Рекомендация. Если мониторинг $ETCO_2$ доступен, удерживайте показатели $ETCO_2$ в пределах нормальных значений. При спасательных операциях на высотах свыше 1200 метров медицинский персонал должен быть осведомлен о нормальных значениях $ETCO_2$ в соответствии с высотой над уровнем моря (1С).

Механические компрессии грудной клетки

Компрессии грудной клетки могут проводиться либо вручную, либо с помощью механических устройств. Проведение эффективных компрессий грудной клетки вручную во время транспортировки может быть затруднено [70]. Механические компрессии грудной клетки могут быть эффективными, в том числе и при длительной транспортировке. Высококачественная СЛР, проводимая как вручную, так и механически, может применяться как временная мера перед инициацией экстракорпорального кровообращения (ЭКК) [79].

Рекомендация. Высококачественная СЛР может эффективно проводиться во время транспортировки с помощью механических устройств (1С).

Управление дыхательными путями при гипотермии

Принципы обеспечения проходимости дыхательных путей у пациентов при гипотермии аналогичны таковым у пациентов с нормотермией. У пациентов, у которых отсутствует спонтанное дыхание, либо спонтанное дыхание есть, но дыхательные пути не защищены ввиду нарушения сознания, показана защита дыхательных путей путем эндотрахеальной интубации или установки надгортанного дыхательного устройства с целью обеспечения адекватной вентиляции и

профилактики аспирации [11, 80]. В то время как в некоторых отчетах о клинических случаях описывается развитие ФЖ во время эндотрахеальной интубации у пациентов в состоянии гипотермии [21, 42, 81, 82], данное осложнение не является характерным. В мультицентрическом исследовании, охватывающем 117 случаев интубации пациентов при гипотермии после предварительной оксигенации 100%-ным кислородом, не было отмечено ни одного случая индуцированной аритмии [83].

Рекомендация. Преимущества интубации или установки надгортанного устройства превышает риск развития ФЖ (1С). Также возможна установка назогастрального или орогастрального зонда с целью декомпрессии желудка после того, как дыхательные пути будут защищены (1С).

Практическое обсуждение. Быстрая интубация трахеи с использованием миорелаксантов может быть затруднена, если миорелаксантами не удастся купировать тризм, развившийся вследствие глубокой гипотермии. Если холодовой тризм препятствует проведению ларингоскопии, может потребоваться интубация под контролем волоконной оптики или проведение крикотиреотомии. В этих условиях установка надгортанного устройства может быть предпочтительнее эндотрахеальной интубации. Не следует допускать избыточного нагнетания холодного воздуха в манжетку эндотрахеальной трубки или надгортанного устройства, поскольку воздух внутри манжеты по мере согревания пострадавшего расширяется, что может привести к сужению просвета трубки или разрыву манжеты.

Использование анестетиков и нейромышечных блокаторов при гипотермии.

При низких значениях центральной температуры метаболизм лекарственных препаратов в организме замедляется, поэтому анестезия и нейромышечный блок могут пролонгироваться [84-86].

Рекомендация. При центральной температуре ниже 30⁰С дозировка анестетиков и нейромышечных блокаторов должна быть уменьшена, а интервал между введениями продлен соответственно степени гипотермии. Существующих на настоящий момент данных недостаточно для составления конкретных протоколов (1С).

Использование кислородной поддержки

Доставка кислорода к тканям не является лимитирующим фактором для выживания при развитии гипотермии на уровне моря [87].

Рекомендация. Пациенту при гипотермии может проводиться кислородотерапия, особенно на высотах, превышающих 2500 метров. От этого может быть польза при отсутствии какого-либо потенциального вреда (1С).

Сосудистый доступ при гипотермии

Обеспечение венозного доступа у пациента с гипотермией часто затруднено. Внутрикостный доступ прост и надежен. Поскольку миокард при гипотермии весьма чувствителен к раздражителям, катетеры, устанавливаемые к сердцу, могут вызвать нарушения ритма. Установка во внутреннюю яремную или подключичную вену катетера, достигающего правого предсердия, противопоказана, за исключением случаев введения катетера малой длины. Существует риск возникновения ФЖ, если проводник, используемый для установки катетера по методике Сельдингера, доходит до сердца. Следует следить, чтобы проводник при установке катетера не

заходил слишком далеко. Пункция бедренной вены позволяет обеспечить центральный венозный доступ без риска спровоцировать аритмии, но может быть трудноосуществима в полевых условиях. Безуспешные попытки часто приводят к образованию гематом.

Рекомендация. Если венозный доступ не может быть незамедлительно осуществлен с помощью периферического венозного катетера, следует применять внутрикостный доступ (1C). Центральный венозный доступ может быть осуществлен через бедренную вену, если другие варианты доступа недоступны (1C).

Восполнение объема жидкости при гипотермии

Объем циркулирующей крови при средней и тяжелой степенях гипотермии снижен [8, 87]. В процессе согревания вазоконстрикция, которая до этого ограничивала сосудистый объем, ослабляется. Этот объем должен быть восполнен во избежание развития тяжелой гиповолемии с последующим развитием шока, в то же время следует ограничить количество вливаемой жидкости, чтобы не вызвать объемную перегрузку. С целью предотвращения дальнейшего снижения центральной температуры, вливаемые внутривенно или внутрикостно растворы должны быть нагреты до температуры хотя бы 40⁰С, а лучше 42⁰С. В полевых условиях мешки и трубки систем для внутривенного или внутрикостного вливания должны быть укутаны. Следует использовать устройства для согревания растворов, предпочтительно коммерческие их варианты с доказанной эффективностью. Поскольку объем эффективно перфузируемых тканей (температурное ядро) при гипотермии снижается в результате выраженной периферической вазоконстрикции [8], вливание нагретых до 40-42⁰С растворов может способствовать увеличению центральной температуры. Поскольку общий метаболизм снижен, нет необходимости в использовании глюкозосодержащих растворов. Препаратом выбора для возмещения объема является физиологический раствор. Раствор Рингер-лактата не следует применять у пациентов с гипотермией, поскольку охлажденная печень не может метаболизировать лактат [1]. Некоторые клиницисты применяют смешанные схемы с использованием коллоидов и кристаллоидов [1].

Рекомендация. Используйте для восполнения объема у пациента с гипотермией физиологический раствор, нагретый до температуры 40-42⁰С, внутривенно или внутрикостно. Соблюдайте меры предосторожности, чтоб не допустить объемную перегрузку (1B).

Введение жидкостей при гипотермии

Болюсное введение растворов с максимально возможной скоростью вливания, в противовес длительной инфузии, позволяет избежать проблем, связанных с охлаждением растворов в трубках системы для инфузии, которые могут иметь место, даже если они тщательно теплоизолированы. Идеальным методом будет «бликированное вливание», когда будут иметь место долгие паузы после болюсного введения раствора, если загруженность спасателя позволяет это делать. Болюсы объемом по 500 мл должны титроваться для обеспечения адекватного систолического артериального давления, в зависимости от степени гипотермии. Нет доступных доказательных данных для определения целевого уровня систолического артериального давления.

Рекомендация. В реальных условиях, растворы следует вводить болюсно, в противовес длительным инфузиям (1C). Целью введения растворов должно быть поддержания систолического артериального давления на уровне, необходимом для обеспечения адекватной перфузии, в зависимости от степени гипотермии (1C).

Использование экзогенной глюкозы и инсулина при гипотермии

В литературе описаны случаи гипогликемии и гипергликемии при гипотермии [76, 88]. Такой элемент помощи, как исследование уровня глюкозы крови, является рутинным методом у пациентов с нарушением сознания, но может быть недоступен во внебольничных условиях. Гипергликемия у пациентов с гипотермией в описанных случаях не достигала опасного уровня [76].

Рекомендация. Глюкозу следует применять у пациентов с гипотермией при гипогликемии (1A). Инсулин не показан в качестве первого средства при гипергликемии (1B). Если исследование уровня глюкозы крови недоступно, внутривенное введение препаратов глюкозы может эмпирически применяться у пациентов с гипотермией и нарушенным сознанием (1C).

Эффект вазоактивных и антиаритмических препаратов при гипотермии

Существует ограниченное количество доказательных данных относительно эффективности лекарственных препаратов при гипотермической остановке сердца у людей. Большинство имеющихся данных получены в исследованиях на животных [89]. Долгое время считалось, что охлажденное сердце невосприимчиво к вазопрессорам и антиаритмическим препаратам, несмотря на то, что некоторые исследования на животных доказывают обратное. В исследовании на собаках в состоянии гипотермии введение эпинефрина (адреналина) увеличивало коронарное перфузионное давление (КПД) и способствовало восстановлению спонтанного кровообращения после дефибрилляции [90]. В исследовании на свиньях в состоянии гипотермии вазопрессин улучшал результаты СЛР при использовании импедансного порогового клапана («impedance threshold valve», ITV), но не при стандартной СЛР [91]. Вазопрессин увеличивал вероятность восстановления спонтанного кровообращения и 1-часовую выживаемость после дефибрилляции в исследованиях на свиньях, подверженных гипотермии [92]. Существует описание случая восстановления спонтанного кровообращения на фоне действия вазопрессина после безуспешного применения адреналина (2 мг) у пациента с гипотермией, однако пациент в итоге погиб от полиорганной недостаточности [93].

Идеальная медикаментозная тактика при желудочковых аритмиях остается нерешенным вопросом. Препараты III класса, такие как бретилий или амиодарон, теоретически являются идеальным решением, поскольку их действие напрямую направлено против фибрилляции. Амиодарон менее эффективен при гипотермии, чем при нормотермии, и несет риск возникновения пируэтной тахикардии (torsades de pointes) [94]. Не известно, является ли безопасным применение амиодарона при гипотермии. В исследованиях на собаках, подверженных гипотермии, сочетание эпинефрина и амиодарона больше способствовало восстановлению спонтанного кровообращения после дефибрилляции, чем изолированное введение эпинефрина [90]. Бретилий не показал положительного влияния на восстановление спонтанного кровообращения в исследовании на собаках [95]. В другом исследовании на собаках ни амиодарон, ни бретилий не способствовали восстановлению спонтанного кровообращения [96]. Существует 2 описания клинических случаев купирования ФЖ после инфузии бретилия [97, 98].

Рекомендация. Рекомендации отсутствуют ввиду недостаточности доказательств.

Дозы препаратов при гипотермии

При гипотермии скорость метаболизма препаратов снижается, а связывание их с белками возрастает. Препараты, которые вводятся пациенту в состоянии гипотермии, имеют слабую активность, но в процессе согревания их концентрация может достигать токсического уровня.

Рекомендация. Не применяйте какие-либо вазоактивные препараты до тех пор, пока пациент не будет согрет до температуры 30°C (1C). При значениях центральной температуры от 30 до 35°C, во избежание возможной токсической аккумуляции препаратов, используйте обычные их дозы, но интервалы между введениями следует увеличить вдвое по сравнению с обычными (2C).

Чрескожная кардиостимуляция при гипотермии

В двух имеющихся отчетах о клинических случаях авторы полагают, что чрескожная стимуляция может иметь положительный эффект у пациентов при гипотермии [99]. В обоих случаях чрескожная кардиостимуляция была применена скорее с целью увеличения артериального давления для обеспечения артериовенозого согревания, нежели для контроля за частотой сердечных сокращений.

Рекомендация. Чрескожная кардиостимуляция может иметь положительный эффект при гипотермии в условиях брадикардии и гипотензии, не соответствующих уровню центральной температуры (2C).

Коррекция предсердных аритмий во время согревания пациента с гипотермией

Предсердные аритмии в процессе согревания у пациентов с гипотермией являются характерным явлением и проходят самостоятельно, как только пациент становится окончательно согретым [100].

Рекомендация. Лечение по поводу предсердных аритмий у гемодинамически стабильного пациента в процессе согревания не показано (1B).

ТРАНСПОРТИРОВКА И СОРТИРОВКА

Тяжелая травма

Значения температуры тела 35°C и ниже способствует снижению выживаемости пациентов с тяжелой травмой [101, 102]. Тяжелая травма может приводить к ацидозу и коагулопатии. У травмированных пациентов с геморрагическим шоком «триада смерти», включающая ацидоз, коагулопатию и гипотермию приводит к полиорганной системной дисфункции [103] и крайне высокой летальности [104].

Рекомендация. Пациент с серьезной травмой должен получать раннее и агрессивное лечение с активным согреванием на всех этапах оказания внебольничной помощи с целью предотвращения развития гипотермии(1B).

Транспортная иммобилизация

Транспортная иммобилизация у пациента с гипотермией аналогична таковой у пациента при нормотермии.

Рекомендация. При подготовке пострадавшего к транспортировке потенциальные повреждения позвоночника должны быть стабилизированы [105] (1С). При переломах и вывихах конечности следует по возможности привести к наиболее нормальному анатомическому положению (1С). Открытые раны должны быть закрыты (1С).

ВЫБОР МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ДЛЯ ПАЦИЕНТА ПРИ ГИПОТЕРМИИ

Не существует опубликованных исследований, которые бы специально анализировали решения по целевой транспортировке пациентов в состоянии гипотермии. Эта часть рекомендаций основывается на полевых наблюдениях и консенсусном решении экспертов, за исключением специально указанных ниже моментов.

Пациенты в сознании с легкой степенью гипотермии

Пациентам в сознании с легкой гипотермией помощь может быть оказана в полевых условиях.

Рекомендация. Пациенты без травматических повреждений, без каких-либо нарушений сознания и сохраненным дрожательным рефлексом могут быть излечены, не прибегая к транспортировке в медицинское учреждение (1В).

Пациенты с гипотермией, в сознании, но с сопутствующими патологическими состояниями, включая травму или асфиксию

Пациенты с гипотермией и сопутствующей травмой или другими медицинскими проблемами должны транспортироваться в медицинское учреждение, способное оказать помощь по поводу этих проблем. Пациенты после асфиксии (из лавин или утонувшие) могут выглядеть стабильными, но имеют риск развития отсроченных осложнений и в большей степени требуют более высокого уровня помощи.

Рекомендация. Если имеющиеся повреждения попадают под критерии травмы, пациента следует транспортировать в центр травмы (1В). Пациента после асфиксии следует транспортировать в госпиталь для наблюдения (1В).

Пациенты с гипотермией и нарушением сознания

Пациенты с нарушениями сознания требуют активного согревания вне зависимости, присутствует у него дрожь или нет. Гемодинамически нестабильные пациенты требуют интенсивной терапии и могут демонстрировать положительный эффект при применении экстракорпорального кровообращения (ЭКК): экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) или аппарата искусственного кровообращения (АИК). ЭКМО предпочтительнее, чем АИК [106], но оба этих метода успешно используются для отогревания пациентов при тяжелой гипотермии.

Многие географические регионы не имеют госпиталей с возможностями проведения ЭКК. В некоторых случаях плохая погода или другие условия могут препятствовать транспортировке пациента в госпиталь, где есть возможности для ЭКК. Гемодинамически нестабильные пациенты с гипотермией, включая пациентов с остановкой сердца, могут быть успешно реанимированы с полным неврологическим восстановлением и без использования ЭКК [69, 107-109].

Рекомендация. Пациенты со среднетяжелой и тяжелой гипотермией, которые гемодинамически стабильны, могут транспортироваться в ближайший госпиталь или другое соответствующее медицинское учреждение, такое как сельская больница (1С).

Гемодинамически нестабильные пациенты или пациенты с температурой тела ниже 28⁰С должны по возможности транспортироваться в госпиталь, где есть условия для проведения интенсивной терапии и ЭКК. Если это требует значительных временных затрат – обычно это более одного часа дополнительно – пациента следует стабилизировать в ближайшем медицинском учреждении (1С).

Пациент с остановкой сердца должен по возможности транспортироваться в госпиталь с возможностью проведения ЭКК. При прочих равных условиях, ЭКМО предпочтительнее, чем АИК (1В).

В географических районах, где нет госпиталей с возможностями проведения ЭКК, или если госпиталь с имеющимися условиями для проведения ЭКК недоступен, следует транспортировать пострадавшего в ближайший госпиталь, где может быть исследован уровень калия в крови и могут проводиться попытки реанимации без использования ЭКК, если уровень калия составит 12 ммоль/л и менее. (Пожалуйста, ознакомьтесь со следующим разделом, посвященным использованию биохимических маркеров) (1С).

Использование биохимических маркеров для определения целесообразности продолжения реанимации у пациента с гипотермией без признаков жизни

Повышения уровня калия у пациента с гипотермией обычно свидетельствует, что развитию гипотермии предшествовала гипоксия. По существу, это маркер лизиса и гибели клеток. Наибольший уровень калия, выявленный у пациента, реанимированного после гипотермии, составил 11,8 ммоль/л у 31-месячного ребенка. Это значение является спорным, поскольку повторное исследование калия через 25 минут показало уровень 4,8 ммоль/л, без указаний на какие либо имевшие место терапевтические манипуляции [110]. При более старшем возрасте наибольшие зафиксированные значения у реанимированных пациентов были следующими: 9,5 ммоль/л в возрасте 13 лет [111] и 7,9 ммоль/л в возрасте 34 года [112].

Рекомендация. Если у взрослого пациента с гипотермией уровень калия крови превышает 12 ммоль/л, СЛР следует прекратить (1В).

ЛАВИНЫ

Асфиксия, нередко сопутствующая травме и гипотермии, является наиболее характерной причиной смерти при погребении в лавине [67]. Жертвы лавин, выжившие на начальном этапе, могут пострадать от асфиксии от вдыхания выдыхаемого ими же воздуха, что приводит к гиперкапнии и гипоксемии, от обструкции дыхательных путей снегом или другим содержимым лавины, а также от сдавления и невозможности расширения грудной клетки. Вероятность выживания стремительно падает в течение 35 минут с момента погребения. Этот период называется «асфиктическая фаза». Пострадавший с перекрытыми дыхательными путями погибнет в течение первых 35 минут [113]. При открытых дыхательных путях возможно выживание пострадавшего в течение более долгого срока. Если дыхательные пути открыты, воздушный мешок (открытое пространство в области рта или носа) увеличивает шансы на выживание [114], оттягивая момент наступления асфиксии. Затруднения дыхания в результате приводят к развитию более тяжелой гипотермии в лавине у пострадавших, извлеченных живыми [115, 116].

Погребенные в лавине с остановкой сердца

Клиническая оценка погребенного в лавине пострадавшего с остановкой сердца должна учитывать предполагаемое время погребения или уровень центральной температуры. Центральная температура может быть ориентиром для определения предположительного времени нахождения в лавине. Описаны такие высокие значения скорости остывания человека как $9^{\circ}\text{C}/\text{час}$ [18], но исследования серии случаев показали среднее значение скорости остывания $3^{\circ}\text{C}/\text{час}$ [117]. В одном отчете о клиническом случае выживания после 20 часов погребения в лавине с большим «воздушным мешком» скорость остывания тела была $0,6^{\circ}\text{C}/\text{час}$ [118], что совпадает со значениями скорости остывания, полученными в результате экспериментальных исследований у людей, зарытых в снег [118, 119].

Рекомендация. Погребенный в лавине в течение 35 минут и менее с центральной температурой 32°C и более должен получать стандартный набор реанимационной помощи, включая СЛР, если у него произошла остановка сердца [67, 120] (1С). Если произошло восстановление спонтанного кровообращения, пострадавший должен транспортироваться в ближайший госпиталь, способный оказывать помощь по поводу имеющихся сопутствующих повреждений (1С).

Пострадавшие, погребенные в лавине в течение более 35 минут, или с центральной температурой ниже 32°C , но у которых определяются признаки жизни, должны транспортироваться в ближайший госпиталь или сельскую больницу для проведения активного согревания (1С). Если признаков жизни нет, но дыхательные пути были проходимы, следует начинать СЛР [67] (1В).

Пострадавшим, погребенным в лавине, с остановкой сердца и полностью закрытыми дыхательными путями не следует проводить реанимационные мероприятия, если время погребения составило более 35 минут или центральная температура тела ниже 32°C [67] (1С). Если есть хоть малейший шанс, что дыхательные пути оставались открытыми, показана краткосрочная попытка СЛР (1В).

Прекращение реанимации при уровне калия крови более 12 ммоль/л

Погребение в лавине обычно приводит к гипоксии до развития гипотермии. Несмотря на то, что обычно нет возможности исследовать уровень калия крови во внебольничных условиях, повышенный уровень калия у жертвы погребения в лавине – полезный маркер, свидетельствующий об асфиксии. Наибольший уровень калия у успешно реанимированного пострадавшего после погребения в лавине составил $6,4$ ммоль/л [117]. Истинный уровень этого значения, который может быть использован при принятии решения об отказе от продолжения реанимации, пока не известен. Стандартное критическое значение составляет 12 ммоль/л, аналогично тому, который используется для прогноза у пострадавших от гипотермии без асфиксии [11].

Рекомендация. Пострадавший после погребения в лавине, которому проводится СЛР, должен по возможности транспортироваться в госпиталь с возможностью проведения экстракорпорального согревания (1В). Если технически затруднительно транспортировать пациента в клинику с возможностью проведения экстракорпорального согревания, а уровень калия еще не был измерен, пациента следует транспортировать в госпиталь или клинику, где возможно исследовать уровень калия крови (1С). Реанимацию следует продолжать только в том случае, если уровень калия составляет 12 ммоль/л и ниже (1В).

Заключение

Для улучшения качества работы медицинских провайдеров в оказании помощи при первичной гипотермии во внебольничных условиях мы разработали доказательно обоснованные рекомендации по клинической оценке и лечению таких пациентов. К сожалению, остается несколько важных аспектов, которые должны стать объектом дальнейших исследований. Эти аспекты включают в себя оптимальные методы клинической оценки пациентов с первичной гипотермией, разработку лучших методик лечения при легкой и среднетяжелой гипотермии и поиск оптимальных методов реанимации пациентов с гипотермией и остановкой сердца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Danzl D. Accidental hypothermia. In: Auerbach PS, ed. Wilderness Medicine 6th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2012:116–142.
2. Guyatt G, Gutterman D, Baumann MH, et al. Grading strength of recommendations and quality of evidence in clinical guidelines: report from an American College of Chest Physicians task force. *Chest*. 2006;129:174–181.
3. Giesbrecht GG. Cold stress, near drowning and accidental hypothermia: a review. *Aviat Space Environ Med*. 2000;71:733–752.
4. Bristow GK, Giesbrecht GG. Contribution of exercise and shivering to recovery from induced hypothermia (31.2 degrees C) in one subject. *Aviat Space Environ Med*. 1988;59:549–552.
5. Giesbrecht GG, Arnett JL, Vela E, Bristow GK. Effect of task complexity on mental performance during immersion hypothermia. *Aviat Space Environ Med*. 1993;64(3 Pt 1):206–211.
6. FitzGibbon T, Hayward JS, Walker D. EEG and visual evoked potentials of conscious man during moderate hypothermia. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1984;58:48–54.
7. Michenfelder JD, Milde JH. The relationship among canine brain temperature, metabolism, and function during hypothermia. *Anesthesiology*. 1991;75:130–136.
8. Vanggaard L, Eyolfson D, Xu X, Weseen G, Giesbrecht GG. Immersion of distal arms and legs in warm water (AVA rewarming) effectively rewarms mildly hypothermic humans. *Aviat Space Environ Med*. 1999;70:1081–1088.
9. Duguid H, Simpson RG, Stowers JM. Accidental hypothermia. *Lancet*. 1961;278:1213–1219.
10. Giesbrecht GG. The respiratory system in a cold environment. *Aviat Space Environ Med*. 1995;66:890–902.
11. Soar J, Perkins GD, Abbas G, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation*. 2010;81:1400–1433.
12. Durrer B, Brugger H, Syme D. International Commission for Mountain Emergency Medicine. The medical on-site treatment of hypothermia: ICAR-MEDCOM recommendation. *High Alt Med Biol*. 2003;4:99–103.

13. Zafren K, Giesbrecht G. State of Alaska Cold Injuries Guidelines Juneau, AK: State of Alaska; 2014.
14. Strapazzon G, Procter E, Paal P, Brugger H. Pre-hospital core temperature measurement in accidental and therapeutic hypothermia. *High Alt Med Biol.* 2014;15:104–111.
15. Tikuisis P, Giesbrecht GG. Prediction of shivering heat production from core and mean skin temperatures. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999;79:221–229.
16. Giesbrecht GG. Emergency treatment of hypothermia. *Emerg Med (Fremantle).* 2001;13:9–16.
17. Vanden Hoek TL, Morrison LJ, Shuster M, et al. Part 12: Cardiac arrest in special situations: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation.* 2010;122(18 Suppl 3):S829–S861.
18. Oberhammer R, Beikircher W, Hörmann C, et al. Full recovery of an avalanche victim with profound hypothermia and prolonged cardiac arrest treated by extracorporeal re-warming. *Resuscitation.* 2008;76:474–480.
19. Papenhausen M, Burke L, Antony A, Phillips JD. Severe hypothermia with cardiac arrest: complete neurologic recovery in a 4-year-old child. *J Pediatr Surg.* 2001;36:1590–1592.
20. Feiss P, Mora C, Devalois B, Gobeaux R, Christides C. Accidental deep hypothermia and circulatory arrest. Treatment with extracorporeal circulation [in French]. *Ann Fr Anesth Reanim.* 1987;6:217–218.
21. Baumgartner FJ, Janusz MT, Jamieson WR, Winkler T, Burr LH, Vestrup JA. Cardiopulmonary bypass for resuscitation of patients with accidental hypothermia and cardiac arrest. *Can J Surg.* 1992;35:184–187.
22. Pasquier M, Zurrón N, Weith B, et al. Deep accidental hypothermia with core temperature below 24°C presenting with vital signs. *High Alt Med Biol.* 2014;15:58–63.
23. Stoner HB. Thermoregulation after injury. *Adv Exp Med Biol.* 1972;33(0):495–499.
24. Giesbrecht GG, Goheen MS, Johnston CE, Kenny GP, Bristow GK, Hayward JS. Inhibition of shivering increases core temperature afterdrop and attenuates rewarming in hypothermic humans. *J Appl Physiol.* 1997;83:1630–1634. S82 Zafren et al
25. Hayward JS, Eckerson JD, Kemna D. Thermal and cardiovascular changes during three methods of resuscitation from mild hypothermia. *Resuscitation.* 1984;11:21–33.
26. Goheen MS, Ducharme MB, Kenny GP, et al. Efficacy of forced-air and inhalation rewarming by using a human model for severe hypothermia. *J Appl Physiol.* 1997;83: 1635–1640.
27. Mekjavic IB, Eiken O. Inhalation rewarming from hypothermia: an evaluation in –20 degrees C simulated field conditions. *Aviat Space Environ Med.* 1995;66:424–429.
28. Sterba JA. Efficacy and safety of prehospital rewarming techniques to treat accidental hypothermia. *Ann Emerg Med.* 1991;20:896–901.
29. Walpoth BH, Galdikas J, Leupi F, Muehleemann W, Schlaepfer P, Althaus U. Assessment of hypothermia with a new “tympanic” thermometer. *J Clin Monit.* 1994;10:91–96.

30. Kimberger O, Cohen D, Illievich U, Lenhardt R. Temporal artery versus bladder thermometry during perioperative and intensive care unit monitoring. *Anesth Analg*. 2007;105:1042–1047.
31. Gunga HC, Werner A, Stahn A, et al. The Double Sensor—a non-invasive device to continuously monitor core temperature in humans on earth and in space. *Respir Physiol Neurobiol*. 2009;169(Suppl 1):S63–S68.
32. Kimberger O, Thell R, Schuh M, Koch J, Sessler DI, Kurz A. Accuracy and precision of a novel non-invasive core thermometer. *Br J Anaesth*. 2009;103:226–231.
33. Giesbrecht GG, Bristow GK. A second postcooling afterdrop: more evidence for a convective mechanism. *J Appl Physiol*. 1992;73:1253–1258.
34. Golden FS, Hervey GR. The mechanism of the after-drop following immersion hypothermia in pigs [proceedings]. *J Physiol*. 1977;272(1):26P–27P.
35. Romet TT. Mechanism of afterdrop after cold water immersion. *J Appl Physiol*. 1988;65:1535–1538.
36. Fox JB, Thomas F, Clemmer TP, Grossman M. A retrospective analysis of air-evacuated hypothermia patients. *Aviat Space Environ Med*. 1988;59(11 Pt 1):1070–1075.
37. Stoneham MD, Squires SJ. Prolonged resuscitation in acute deep hypothermia. *Anaesthesia*. 1992;47:784–788.
38. Golden FS, Hervey GR, Tipton MJ. Circum-rescue collapse: collapse, sometimes fatal, associated with rescue of immersion victims. *J R Nav Med Serv*. 1991;77:139–149.
39. Giesbrecht GG, Bristow GK. The convective afterdrop component during hypothermic exercise decreases with delayed exercise onset. *Aviat Space Environ Med*. 1998;69:17–22.
40. Giesbrecht GG, Hayward JS. Problems and complications with cold-water rescue. *Wilderness Environ Med*. 2006;17:26–30.
41. Althaus U, Aeberhard P, Schüpbach P, Nachbur BH, Mühlemann W. Management of profound accidental hypothermia with cardiorespiratory arrest. *Ann Surg*. 1982;195:492–495.
42. Osborne L, Kamal El-Din AS, Smith JE. Survival after prolonged cardiac arrest and accidental hypothermia. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1984;289:881–882.
43. Lee CH, Van Gelder C, Burns K, Cone DC. Advanced cardiac life support and defibrillation in severe hypothermic cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care*. 2009;13:85–89.
44. Henriksson O, Lundgren P, Kuklane K, Holmér I, Bjornstig U. Protection against cold in prehospital care —thermal insulation properties of blankets and rescue bags in different wind conditions. *Prehosp Disaster Med*. 2009;24:408–415.
45. Thomassen Ø, Færevik H, Østerås Ø, et al. Comparison of three different prehospital wrapping methods for preventing hypothermia—a crossover study in humans. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2011;19:41.
46. Hayward JS, Collis M, Eckerson JD. Thermographic evaluation of relative heat loss areas of man during cold water immersion. *Aerosp Med*. 1973;44:708–711.

47. Pretorius T, Bristow GK, Steinman AM, Giesbrecht GG. Thermal effects of whole head submersion in cold water on nonshivering humans. *J Appl Physiol*. 2006;101:669–675.
48. Henriksson O, Lundgren P, Kuklane K, Holmér I, Naredi P, Björnstig U. Protection against cold in prehospital care: evaporative heat loss reduction by wet clothing removal or the addition of a vapor barrier—a thermal manikin study. *Prehosp Disaster Med*. 2012;27:53–58.
49. Iampietro PF, Vaughan JA, Goldman RF, Kreider MB, Masucci F, Bass DE. Heat production from shivering. *J Appl Physiol*. 1960;15:632–634.
50. Giesbrecht GG, Sessler DI, Mekjavić IB, Schroeder M, Bristow GK. Treatment of mild immersion hypothermia by direct body-to-body contact. *J Appl Physiol*. 1994;76:2373–2379.
51. Hultzer MV, Xu X, Marrao C, Bristow G, Chochinov A, Giesbrecht GG. Pre-hospital torso-warming modalities for severe hypothermia: a comparative study using a human model. *CJEM*. 2005;7:378–386.
52. Watts DD, Roche M, Tricarico R, et al. The utility of traditional prehospital interventions in maintaining thermostasis. *Prehosp Emerg Care*. 1999;3:115–122.
53. Lundgren P, Henriksson O, Naredi P, Björnstig U. The effect of active warming in prehospital trauma care during road and air ambulance transportation—a clinical randomized trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2009;19:59.
54. Lundgren JP, Henriksson O, Pretorius T, et al. Field torso-warming modalities: a comparative study using a human model. *Prehosp Emerg Care*. 2009;13:371–378.
55. Giesbrecht GG, Bristow GK, Uin A, Ready AE, Jones RA. Effectiveness of three field treatments for induced mild (33.0 degrees C) hypothermia. *J Appl Physiol*. 1987;63:2375–2379.
56. Ducharme MB, Tikuisis P. Role of blood as heat source or sink in human limbs during local cooling and heating. *J Appl Physiol*. 1994;76:2084–2094.
57. Allen PB, Salyer SW, Dubick MA, Holcomb JB, Blackburne LH. Preventing hypothermia: comparison of current devices used by the US Army in an in vitro warmed fluid model. *J Trauma*. 2010;69(Suppl 1):S154–S161.
58. Steinman AM. Cardiopulmonary resuscitation and hypothermia. *Circulation*. 1986;74(6 Pt 2):IV29–IV32. WMS Practice Guidelines for Hypothermia S83
59. Giesbrecht GG, Steinman AM. Immersion into cold water. In: Auerbach PS, ed. *Wilderness Medicine* 6th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2012:143–170.
60. Ducharme MB, Giesbrecht GG, Frim J, et al. Forced-air rewarming in –20 degrees C simulated field conditions. *Ann N Y Acad Sci*. 1997;813:676–681.
61. Steele MT, Nelson MJ, Sessler DI, et al. Forced air speeds rewarming in accidental hypothermia. *Ann Emerg Med*. 1996;27:479–484.
62. Giesbrecht GG, Schroeder M, Bristow GK. Treatment of mild immersion hypothermia by forced-air warming. *Aviat Space Environ Med*. 1994;65:803–808.

63. Leitz KH, Tsilimingas N, Güse HG, Meier P, Bachmann HJ. Accidental drowning with extreme hypothermia— rewarming with extracorporeal circulation [in German]. *Chirurg*. 1989;60:352–355.
64. Ko CS, Alex J, Jeffries S, Parmar JM. Dead? Or just cold: profoundly hypothermic patient with no signs of life. *Emerg Med J*. 2002;19:478–479.
65. Walpoth BH, Walpoth-Aslan BN, Mattle HP, et al. Outcome of survivors of accidental deep hypothermia and circulatory arrest treated with extracorporeal blood warming. *N Engl J Med*. 1997;337:1500–1505.
66. Paal P, Milani M, Brown D, Boyd J, Ellerton J. Termination of cardiopulmonary resuscitation in mountain rescue. *High Alt Med Biol*. 2012;13:200–208.
67. Brugger H, Durrer B, Elsensohn F, et al. Resuscitation of avalanche victims: evidence-based guidelines of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM): intended for physicians and other advanced life support personnel. *Resuscitation*. 2012;84:539–546.
68. Meyer M, Pelurson N, Khabiri E, Siegenthaler N, Walpoth BH. Sequela-free long-term survival of a 65-year-old woman after 8 hours and 40 minutes of cardiac arrest from deep accidental hypothermia. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;147:e1–e2.
69. Lexow K. Severe accidental hypothermia: survival after 6 hours 30 minutes of cardiopulmonary resuscitation. *Arctic Med Res*. 1991;50(Suppl 6):112–114.
70. Boue Y, Lavolaine J, Bouzat P, Matraxia S, Chavanon O, Payen JF. Neurologic recovery from profound accidental hypothermia after 5 hours of cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 2014;42:e167–e170.
71. Hilmo J, Naesheim T, Gilbert M. “Nobody is dead until warm and dead”: prolonged resuscitation is warranted in arrested hypothermic victims also in remote areas—a retrospective study from northern Norway. *Resuscitation*. 2014;85:1204–1211.
72. Gilbert M, Busund R, Skagseth A, Nilsen PA, Solbo JP. Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7 degrees C with circulatory arrest. *Lancet*. 2000;355:375–376.
73. Niazi SA, Lewis FJ. Profound hypothermia in man; report of a case. *Ann Surg*. 1958;147:264–266.
74. Ujhelyi MR, Sims JJ, Dubin SA, Vender J, Miller AW. Defibrillation energy requirements and electrical heterogeneity during total body hypothermia. *Crit Care Med*. 2001;29:1006–1011.
75. DaVee TS, Reineberg EJ. Extreme hypothermia and ventricular fibrillation. *Ann Emerg Med*. 1980;9:100–102.
76. Koller R, Schnider TW, Neidhart P. Deep accidental hypothermia and cardiac arrest—rewarming with forced air. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1997;41:1359–1364.
77. Thomas R, Cahill CJ. Successful defibrillation in profound hypothermia (core body temperature 25.6 degrees C). *Resuscitation*. 2000;47:317–320.
78. Maningas PA, DeGuzman LR, Hollenbach SJ, Volk KA, Bellamy RF. Regional blood flow during hypothermic arrest. *Ann Emerg Med*. 1986;15:390–396.

79. Wik L, Kiil S. Use of an automatic mechanical chest compression device (LUCAS) as a bridge to establishing cardiopulmonary bypass for a patient with hypothermic cardiac arrest. *Resuscitation*. 2005;66:391–394.
80. Morrison LJ, Deakin CD, Morley PT, et al. Advanced Life Support Chapter Collaborators. Part 8: Advanced life support: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation*. 2010;122(16 suppl 2):S345–S421.
81. Binnema R, van der Wal A, Visser C, Schepp R, Jekel L, Schröder P. Treatment of accidental hypothermia with cardiopulmonary bypass: a case report. *Perfusion*. 2008;23:193–196.
82. Hauty MG, Esrig BC, Hill JG, Long WB. Prognostic factors in severe accidental hypothermia: experience from the Mt. Hood tragedy. *J Trauma*. 1987;27:1107–1112.
83. Danzl DF, Pozos RS, Auerbach PS, et al. Multicenter hypothermia survey. *Ann Emerg Med*. 1987;16:1042–1055.
84. Leslie K, Sessler DI, Bjorksten AR, Moayeri A. Mild hypothermia alters propofol pharmacokinetics and increases the duration of action of atracurium. *Anesth Analg*. 1995;80:1007–1014.
85. Caldwell JE, Heier T, Wright PM, et al. Temperature-dependent pharmacokinetics and pharmacodynamics of vecuronium. *Anesthesiology*. 2000;92:84–93.
86. Heier T, Caldwell JE. Impact of hypothermia on the response to neuromuscular blocking drugs. *Anesthesiology*. 2006;104:1070–1080.
87. Kondratiev TV, Flemming K, Myhre ES, Sovershaev MA, Tveita T. Is oxygen supply a limiting factor for survival during rewarming from profound hypothermia? *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2006;291:H441–H450.
88. Strapazzon G, Nardin M, Zanon P, Kaufmann M, Kritzing M, Brugger H. Respiratory failure and spontaneous hypoglycemia during noninvasive rewarming from 24.71C (76.51F) core body temperature after prolonged avalanche burial. *Ann Emerg Med*. 2012;60:193–196.
89. Wira CR, Becker JU, Martin G, Donnino MW. Antiarrhythmic and vasopressor medications for the treatment of ventricular fibrillation in severe hypothermia: a systematic review of the literature. *Resuscitation*. 2008;78:21–29.
90. Wira C, Martin G, Stoner J, Margolis K, Donnino M. Application of normothermic cardiac arrest algorithms to hypothermic cardiac arrest in a canine model. *Resuscitation*. 2006;69:509–516. S84 Zafren et al
91. Raedler C, Voelckel WG, Wenzel V, et al. Vasopressor response in a porcine model of hypothermic cardiac arrest is improved with active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation using the inspiratory impedance threshold valve. *Anesth Analg*. 2002;95: 1496–1502.
92. Schwarz B, Mair P, Raedler C, Deckert D, Wenzel V, Lindner KH. Vasopressin improves survival in a pig model of hypothermic cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 2002;30:1311–1314.

93. Sumann G, Krismer AC, Wenzel V, et al. Cardiopulmonary resuscitation after near drowning and hypothermia: restoration of spontaneous circulation after vasopressin. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2003;47:363–365.
94. Khan JN, Prasad N, Glancy J. Amiodarone use in therapeutic hypothermia following cardiac arrest due to ventricular tachycardia and ventricular fibrillation. *Europace*. 2009;11:1566–1567.
95. Elenbaas RM, Mattson K, Cole H, Steele M, Ryan J, Robinson W. Bretylium in hypothermia-induced ventricular fibrillation in dogs. *Ann Emerg Med*. 1984;13:994–999.
96. 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;10:187–191.
97. Danzl DF, Sowers MB, Vicario SJ, Thomas DM, Miller JW. Chemical ventricular defibrillation in severe accidental hypothermia. *Ann Emerg Med*. 1982;11:698–699.
98. Lloyd EL. Accidental hypothermia. Resuscitation. 1996; 32:111–124.
99. Ho JD, Heegaard WG, Brunette DD. Successful transcutaneous pacing in 2 severely hypothermic patients. *Ann Emerg Med*. 2007;49:678–681.
100. Rankin AC, Rae AP. Cardiac arrhythmias during rewarming of patients with accidental hypothermia. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1984;289:874–877.
101. Jurkovich GJ, Greiser WB, Luterman A, Curreri PW. Hypothermia in trauma victims: an ominous predictor of survival. *J Trauma*. 1987;27:1019–1024.
102. Martin RS, Kilgo PD, Miller PR, Hoth JJ, Meredith JW, Chang MC. Injury-associated hypothermia: an analysis of the 2004 National Trauma Data Bank. *Shock*. 2005; 24:114–118.
103. Beilman GJ, Blondet JJ, Nelson TR, et al. Early hypothermia in severely injured trauma patients is a significant risk factor for multiple organ dysfunction syndrome but not mortality. *Ann Surg*. 2009;249:845–850.
104. Mitra B, Tullio F, Cameron PA, Fitzgerald M. Trauma patients with the 'triad of death.' *Emerg Med J*. 2012; 29:622–625.
105. Quinn R, Williams J, Bennett B, Stiller G, Islas A, McCord S. Wilderness Medical Society. Wilderness Medical Society practice guidelines for spine immobilization in the austere environment. *Wilderness Environ Med*. 2013;24:241–252.
106. Ruttman 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;134:594–600.
107. Gruber E, Beikircher W, Pizzinini R, et al. Nonextracorporeal rewarming at a rate of 6.8 degrees C per hour in a deeply hypothermic arrested patient. *Resuscitation*. 2014;85:e119–e120.
108. Turtiainen J, Halonen J, Syväoja S, Hakala T. Rewarming a patient with accidental hypothermia and cardiac arrest using thoracic lavage. *Ann Thorac Surg*. 2014;97:2165– 2166.

109. Roggero E, Stricker H, Biegger P. Severe accidental hypothermia with cardiopulmonary arrest: prolonged resuscitation without extracorporeal circulation [in German]. *Schweiz Med Wochenschr.* 1992;122:161–164.
110. Dobson JA, Burgess JJ. Resuscitation of severe hypothermia by extracorporeal rewarming in a child. *J Trauma.* 1996;40:483–485.
111. von Segesser LK, Garcia E, Turina M. Perfusion without systemic heparinization for rewarming in accidental hypothermia. *Ann Thorac Surg.* 1991;52:560–561.
112. Farstad M, Andersen KS, Koller ME, Grong K, Segadal L, Husby P. Rewarming from accidental hypothermia by extracorporeal circulation. A retrospective study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;20:58–64.
113. Boyd J, Brugger H, Shuster M. Prognostic factors in avalanche resuscitation: a systematic review. *Resuscitation.* 2010;81:645–652.
114. Boué Y, Payen JF, Brun J, et al. Survival after avalanche-induced cardiac arrest. *Resuscitation.* 2014;85: 1192–1196.
115. Grissom CK, Radwin MI, Harmston CH. Improving survival during snow burial in avalanches. *JAMA.* 2000;284:1242–1243.
116. Brugger H, Sumann G, Meister R, et al. Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow: implications for avalanche survival. *Resuscitation.* 2003;58:81–88.
117. Locher T, Walpoth BH. Differential diagnosis of circulatory failure in hypothermic avalanche victims: retrospective analysis of 32 avalanche accidents [in German]. *Praxis (Bern 1994).* 1996;85:1275–1282.
118. Grissom CK, Radwin MI, Scholand MB, Harmston CH, Muetterties MC, Bywater TJ. Hypercapnia increases core temperature cooling rate during snow burial. *J Appl Physiol.* 2004;96:1365–1370.
119. Grissom CK, McAlpine JC, Harmston CH, et al. Hypercapnia effect on core cooling and shivering threshold during snow burial. *Aviat Space Environ Med.* 2008;79: 735–742.
120. Paal P, Strapazzon G, Braun P, et al. Factors affecting survival from avalanche burial—a randomised prospective porcine pilot study. *Resuscitation.* 2013;84:239–243.